



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

Bruno Souza Moreira Leite

Bacharel em Ciências Económicas
Tecnólogo em Gastronomia e Culinária
Pós-Graduado em Gestão de Negócios

Novas Alternativas para o Uso de Macroalgas da Costa Portuguesa em Alimentação

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre
em Ciências Gastronómicas

Orientador: Doutor Leonel Carlos dos Reis Tomás Pereira,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UC)
Co-orientador: Doutora Maria Paulina Estorninho Neves da Mata,
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL)
Co-orientador: Doutor João Paulo da Costa de Noronha,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL)

Júri:

Presidente: Doutora Isabel Borges Coutinho Medeiros Dias,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL)
Arguente: Doutor Mário Emanuel Campos de Sousa Diniz,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL)
Vogal: Doutor Leonel Carlos dos Reis Tomás Pereira,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UC)



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março 2017

Bruno Souza Moreira Leite

Bacharel em Ciências Económicas
Tecnólogo em Gastronomia e Culinária
Pós-Graduado em Gestão de Negócios

Novas Alternativas para o Uso de Macroalgas da Costa Portuguesa em Alimentação

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre
em Ciências Gastronómicas

Orientador: Doutor Leonel Carlos dos Reis Tomás Pereira,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UC)
Co-orientador: Doutora Maria Paulina Estorninho Neves da Mata,
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL)
Co-orientador: Doutor João Paulo da Costa de Noronha,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNL)



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março 2017

**Novas Alternativas para o Uso de Macroalgas
da Costa Portuguesa em Alimentação**

Copyright © Bruno Souza Moreira Leite, Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AUSÊNCIA

Por muito tempo achei que a ausência é falta.

E lastimava, ignorante, a falta.

Hoje não a lastimo.

Não há falta na ausência.

A ausência é um estar em mim.

E sinto-a, branca, tão pegada, aconchegada nos meus braços,

que rio e danço e invento exclamações alegres,

porque a ausência, essa ausência assimilada,

ninguém a rouba mais de mim.

Carlos Drummond de Andrade

*Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Cândida,
e à minha segunda mãe, avó Rosane,
ausentes fisicamente, mas onipresentes em meus pensamentos.*

Agradecimentos

Gostaria, primeiramente, de agradecer à minha querida coordenadora Paulina Mata pela afeição dedicada a mim e aos alunos do Mestrado em Ciências Gastronómicas. A paixão que nutre pela gastronomia é contagiante e motivadora, impulsionando todos na busca constante pelo conhecimento. Sou ainda grato por toda a paciência com o meu jeito pouco convencional de trabalhar – sempre apertado em termos de prazos, porém, com muita dedicação e perfeccionismo pelo material produzido.

Ao professor e orientador, Leonel Pereira, toda a minha admiração pelo trabalho no campo da ficologia. Agradeço a generosidade de compartilhar o conhecimento de maneira tão gentil e prestimosa. Os nossos cafés e as colheitas de algas sempre foram experiências de engrandecimento profissional. Espero que a presente tese possa retribuir um pouco do tanto que me proporcionou e atender às suas expectativas, contribuindo com algo de novo para o campo do conhecimento.

Ao professor João Paulo Noronha, por ter me mostrado o universo peculiar dos compostos voláteis e da cromatografia gasosa, e pela dedicação ao trabalho da minha tese, tornando, com seu característico humor, minhas tardes mais divertidas. Por conta de uns pequenos contratempos, eu lhe lembrava, da pior maneira, que não sou químico, mas ficava a lição de que laboratório não é cozinha, apesar da recíproca ser verdadeira. Desses episódios, permanece o aprendizado que certamente me fará um melhor profissional no futuro.

A Mário Diniz, por compartilhar o mesmo entusiasmo pelos ecossistemas marinhos, provendo a ajuda logística para as visitas de campo e criando uma verdadeira "maternidade" para as algas recolhidas na costa portuguesa. Que essa parceria possa ser ainda mais duradoura e prazerosa através do "Alga4Food"!

À Maria Isabel Pinto, pela solidariedade e suporte durante toda a minha jornada de análise instrumental. Mais do que cumprir seu papel profissional, provou ser uma grande amiga – aconselhando, compartilhando, tranquilizando e, ocasionalmente, fornecendo víveres. Que seu caminho seja trilhado com muito sucesso e realização na sua nova etapa de vida para além do Canal da Mancha.

À FCT por apoiar iniciativas como o Mestrado de Ciências Gastronómicas e o futuro Doutoramento em Ciências dos Alimentos. Apesar da distância, o caminho

sempre foi percorrido com muita motivação, por saber que voltaria recompensado. E que siga, assim, enquanto instituição, focada não somente na excelência acadêmica, mas também na criatividade e inovação.

À Catarina Prista, CookingLab, Manuel Malfeito, Paulo Henrique Machado e Juliana Nascimento da Costa, Roberto Zuena, Alga+, Pavilhão do Conhecimento e Rio Gastronomia por contribuírem com o meu trabalho de pesquisa e divulgação, cedendo espaço, expertise e amostras, dentre outras generosidades.

À minha família – mãe, pai, vó, vô, irmão, tia e primos – por sempre acreditar em mim e preencher a minha vida de afecto. Em especial, à minha Avó, por ensinar que a vida é uma, devendo ser levada com gozo e não alienação; para minha Mãe, palavras não são suficientes para descrever minha gratidão por tudo que tem me propiciado ao longo de minha existência, e por ser meu esteio e razão de existir.

Ao companheiro Nasos por me conduzir rumo a Ítaca, lembrando sempre que a viagem é mais importante que o destino. Sigamos juntos na certeza de que o sentimento que cultivamos um pelo outro seja mais forte que a procela. "Thank you for your affection and empathy, for accepting me as I am, embracing the now and the changes... with love and respect!"

Aos amigos - minha outra família - Patrícia Gomensoro, Victor Villon, Nicolás Bobzin, Ulisses Carrati, Jeferson Malachini, Nelma Santos, Elisabeth Ferreira, Carlos Henrique Coutinho, Alexandre Hudson, Whalton Hippertt, Luis Dasilva, António Quaresma, Ciça Roxo, Miriam Chaachaat, dentre outros, sempre dispostos a compartilhar as misérias e a celebrar as benesses da vida, que fazem de nós ainda mais humanos. Meu especial agradecimento a Gisela Abrantes, a quem devo minha vinda a Portugal, nessa etapa tão importante da minha vida; a Sónia Oliveira, doce menina, cuja ajuda e boa vontade sempre foram um bênção desde que aqui cheguei; a Patrícia Gabriel, pelo tanto de lúdico que propiciou às crianças que ainda nos habitam, e que ainda prometem muitas loucuras e aprendizado mútuo.

Por fim, minha imensa gratidão ao amigo e psicanalista Jeziel Bueno, que me ajudou a perseguir a alegria de viver e a celebrar o orgulho de ser. Os nossos encontros e diálogos que ainda permanecem, após quase 13 anos, são uma razão para seguir sempre em frente, de cabeça erguida, "com açúcar e com afeto".

Resumo

As macroalgas marinhas são alimentos completos pela óptica nutricional. Contudo, são pouco estudadas e, pelo menos no ocidente, muito pouco usadas enquanto alimento, embora exista uma grande oportunidade para a seleção genética e o aprimoramento das espécies, considerando a sua utilização em alimentação (a exemplo do que aconteceu com plantas terrestres).

Impõe-se, assim, investigar quais delas podem ser adequadas para a alimentação, destacando suas propriedades organolépticas, e ainda desenvolver técnicas para a sua conservação e utilização em gastronomia. O presente trabalho empreende esforços exactamente no sentido de conhecer melhor os potenciais gastronómicos das macroalgas da costa portuguesa para o desenvolvimento de novos produtos.

Para tal objetivo, procedeu-se à colheita de várias espécies – dentre as quais é preciso destacar *Ulva rigida* e *Codium tomentosum*, Chlorophyta; *Undaria pinnatifida* e *Saccorhiza polyschides*, Phaeophyceae; *Gracilaria gracilis*, *Osmundea pinnatifida* e *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*, Rhodophyta – aplicando-se tanto uma abordagem analítica instrumental, quanto sensorial. Também foram utilizados conceitos referentes ao processo criativo em alta cozinha.

Os resultados da análise por cromatografia gasosa com espectrometria de massa (GC-MS) corroboram a riqueza de suas propriedades aromáticas, uma vez que, nas 7 algas analisadas, foram identificados um total de 167 compostos voláteis, dentre os quais, 57 diferentes entre si: 28 aldeídos; 4 álcoois; 10 hidrocarbonetos, dos quais 4 alcanos e 6 alcenos; 3 éteres; 8 cetonas; 4 de grupos funcionais diversos, sendo 1 sulfurado e 3 compostos orgânicos halogenados, 2 contendo iodo e 1 bromado.

Foram confirmadas 25 substâncias na alga "alface-do-mar" (*Ulva rigida*) fresca e 14 na seca, 16 no "chorão-do-mar" (*Codium tomentosum*), 24 na "wakame" (*Undaria pinnatifida*), 17 no "limo-corriola" (*Saccorhiza polyschides*), 16 na "cabelo-de-velha"

(*Gracilaria gracilis*), 34 na "erva-malagueta" (*Osmundea pinnatifida*) e 21 na alga "musgos" (*Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*).

Concernente à aplicação prática dos resultados, foram testados 23 produtos diferentes, com variações na formulação e composição de algas marinhas. O grupo de foco (para caracterização do perfil aromático das macroalgas estudadas) e a análise sensorial (de massas alimentícias enriquecidas com algas) mostraram-se bastante adequadas como ferramentas auxiliares no desenvolvimento de formulações para o mercado consumidor. A boa aceitação das algas marinhas pelo painel revela, ainda, boas potencialidades para a utilização de algas em alimentação.

Palavras-chave: Macroalgas comestíveis de Portugal; Gastronomia; Ciência dos alimentos; GC-MS; Análise sensorial; Novos produtos.

Abstract

Seaweeds are complete foods through nutritional optics. However, they are little studied and, in the West, their consumption as food is not very usual. Although there is a great opportunity for genetic selection and improvement of the species, considering their use in food (the same way it happened with the terrestrial plants).

It is therefore necessary to investigate which of them may be suitable for food, highlighting their organoleptic properties, and also to develop techniques for their conservation and use in gastronomy. The present work makes exactly the same efforts, that is, to know better the gastronomic potentials of the seaweeds on the Portuguese coast for the development of new products.

To this end, several species were harvested – among which it is necessary to highlight *Ulva rigida* and *Codium tomentosum*, Chlorophyta; *Undaria pinnatifida* and *Saccorhiza polyschides*, Phaeophyceae; *Gracilaria gracilis*, *Osmundea pinnatifida* and *Chondracanthus teedei* var. *Lusitanicus*, Rhodophyta – applying both an instrumental and sensorial analytical approach. Concepts related to the creative process in "high cuisine" were also used.

The results of the gas chromatographic with mass spectrometry analysis (GC-MS) validate the richness of its aromatic properties since, in the 7 analyzed algae, a total of 167 volatile compounds were identified, among them, 57 different ones: 28 aldehydes; 4 alcohols; 10 hydrocarbons, of which 4 alkanes and 6 alkenes; 3 ethers; 8 ketones; 4 of diverse functional groups, 1 sulphurated and 3 being organic halogenated compounds, 2 containing iodine and 1 brominated.

Twenty-five substances were confirmed in fresh "sea lettuce" (*Ulva rigida*) and 14 in the dry one, 16 in *Codium tomentosum*, 24 in the "wakame" (*Undaria pinnatifida*), 17 in the "furbelows" (*Saccorhiza polyschides*), 16 in the "slender wart weed" (*Gracilaria gracilis*), 34 in the "pepper dulse" (*Osmundea pinnatifida*) and 21 in *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*.

Concerning the practical applications, 23 different products were tested, with variations in the formulation and composition of marine algae. The focus group (for the characterization of the aromatic profile of the seaweed studied) and the sensory analysis (of seaweed-enriched pasta) proved to be quite adequate as auxiliary tools in the development of formulations for the consumer market. The good acceptance of seaweed by the panel also reveals great potential for the use of algae in food.

Keywords: Edible seaweeds from Portugal; Gastronomy; Food science; GC-MS; Sensorial analysis; New products.

ÍNDICE

Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xvii
Lista de Símbolos e Abreviaturas	xix
Preâmbulo	1
1. Introdução	5
2. Macroalgas da Costa Portuguesa.....	9
2.1 O QUE SÃO ALGAS?	9
2.1.1 Microalgas	10
2.1.2 Macroalgas.....	11
2.2 PRODUÇÃO MUNDIAL E CONSUMO.....	13
2.3 A INDÚSTRIA DE ALGAS MARINHAS EM PORTUGAL.....	15
2.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	16
2.4.1 Macroalgas Alimentícias	16
2.4.2 Macroalgas Alimentícias Não Convencionais (MANC).....	39
2.5 TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO E CONSERVAÇÃO.....	47
3. Algas Marinhas em Alimentação	51
3.1 FICOGASTRONOMIA: ALGAS À MESA	51
3.1.1 Alimento Ancestral	52
3.1.2 Algas Marinhas na Alimentação	56
3.1.3 Algas Marinhas na Indústria Alimentar.....	62
3.1.4 Algas Marinhas na Alta Gastronomia.....	66
3.2 O QUE SÃO FICOCOLÓIDES?.....	74
3.2.1 Agar.....	74
3.2.2 Alginatos	76
3.2.3 Carragenanas.....	79

3.3	APLICAÇÕES COM FICOCOLÓIDES	82
3.3.1	Ficocolóides na Alimentação	82
3.3.2	Ficocolóides na Indústria Alimentar	84
3.3.3	Ficocolóides na Alta Gastronomia	88
3.4	ALGAS MARINHAS E SAÚDE	96
4.	Materiais e Métodos.....	99
4.1	MATÉRIAS-PRIMAS	99
4.1.1	Identificação e Recolha de Macroalgas	99
4.1.2	O Sabor como Ponto de Partida.....	101
4.2	COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS EM ALGAS MARINHAS	109
4.2.1	Análise Instrumental	110
4.3	INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS	119
4.3.1	Objetivos Pretendidos.....	119
4.3.2	Desenvolvimento de Novos Produtos.....	120
4.3.3	Estilos e Ferramentas de Criação	125
4.4	ANÁLISE SENSORIAL DE MASSAS ALIMENTÍCIAS COM ALGAS	130
4.4.1	Aspetos Gerais	130
4.4.2	Grupo de Foco.....	133
4.4.3	Teste Afetivo de Aceitação	134
5.	Resultados e Discussão	137
5.1	COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS EM ALGAS MARINHAS	137
5.1.1	Resultados da Análise Instrumental	137
5.2	DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS (DNP).....	162
5.2.1	Processo Exploratório para o Desenvolvimento de Produtos.	162
5.3	ANÁLISE SENSORIAL DE MASSAS ALIMENTÍCIAS COM ALGAS	182
5.3.1	Tratamento dos Estatísticos dos Dados	182
5.3.2	Considerações Finais	189
5.4	PROJETOS FUTUROS	191
6.	Conclusão.....	193
7.	Bibliografia.....	197

8.	Anexos	213
8.1	ANEXO: UMA BREVE HISTÓRIA DA ALTA COZINHA	213
8.2	ANEXO: LISTAS DE MACROALGAS RECOLHIDAS.....	218
8.3	ANEXO: TABELAS DE NUTRIENTES, VITAMINAS E MINERAIS	222
8.4	ANEXO: FOOD PAIRING COM ALGAS.....	225
8.5	ANEXO: ANÁLISE SENSORIAL	246
8.6	ANEXO: GC-MS	253

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Fitoplâncton Marinho	10
Figura 2.2	Árvore Filogenética das Algas	12
Figura 2.3	<i>Ulva lactuca</i>	17
Figura 2.4	<i>Ulva rigida</i>	18
Figura 2.5	<i>Ulva clathrata</i>	19
Figura 2.6	<i>Ulva compressa</i>	20
Figura 2.7	<i>Ulva intestinalis</i>	21
Figura 2.8	<i>Codium tomentosum</i>	22
Figura 2.9	<i>Chondrus crispus</i>	23
Figura 2.10	<i>Mastocarpus stellatus</i>	24
Figura 2.11	<i>Gracilaria gracilis</i>	25
Figura 2.12	<i>Osmundea pinnatifida</i>	26
Figura 2.13	<i>Palmaria palmata</i>	27
Figura 2.14	<i>Porphyra leucosticta</i>	28
Figura 2.15	<i>Porphyra linearis</i>	29
Figura 2.16	<i>Porphyra umbilicalis</i>	30
Figura 2.17	<i>Fucus spiralis</i>	31
Figura 2.18	<i>Fucus vesiculosus</i>	32
Figura 2.19	<i>Himanthalia elongata</i>	33
Figura 2.20	<i>Laminaria hyperborea</i>	34
Figura 2.21	<i>Laminaria ochroleuca</i>	35
Figura 2.22	<i>Saccharina latissima</i>	37
Figura 2.23	<i>Undaria pinnatifida</i>	38
Figura 2.24	Unidade de Processamento da Alga+ em Ílhavo, Aveiro	47
Figura 2.25	Equipamento de Processamento por Alta Pressão (HPP)	49
Figura 3.1	Mulheres Colhendo Algas	55
Figura 3.2	Prato de "Sushi"	57
Figura 3.3	"Poke" de Atum ("Ahi"), "Lomi" de Salmão e "Poke" de Polvo ("Tako")	59
Figura 3.4	"Laverbread" no Pequeno Almoço Galês	60
Figura 3.5	A Descarga do Moliço na Ria de Aveiro	61
Figura 3.6	Aplicações com Algas na Indústria Alimentar	63
Figura 3.7	Hana Tsunomata™ (<i>Chondrus crispus</i>) Aka, Midori & Kiku	68
Figura 3.8	elBulli Pratos com Algas Marinhas [1ª Parte]	70
Figura 3.9	elBulli Pratos com Algas Marinhas [2ª Parte]	71
Figura 3.10	Noma Pratos com Algas Marinhas	72
Figura 3.11	Chefs Célebres Pratos com Algas Marinhas	73

Figura 3.12	Estrutura Molecular da Agarose	75
Figura 3.13	Monómeros α -L-Gulurónico (G) e β -D-Manurónico (M) do Alginato	77
Figura 3.14	Reação de Gelificação tipo "Caixa de Ovo" do Alginato	78
Figura 3.15	Estrutura Molecular de Diferentes Tipos de Carragenanas	80
Figura 3.16	Ficolóides nas Cozinhas Regionais	83
Figura 3.17	Exemplos de Aplicações com Agar na Indústria	86
Figura 3.18	Exemplos de Aplicações com Alginato na Indústria.....	87
Figura 3.19	Exemplos de Aplicações com Carragenanas na Indústria.....	87
Figura 3.20	elBulli 1994, nº 247: Ensopado de Legumes em Texturas	88
Figura 3.21	elBulli Pratos à Base de Agar	89
Figura 3.22	elBulli Pratos à Base de Alginato	91
Figura 3.23	Técnica de Esferificação Básica (A) e Inversa (B).....	92
Figura 3.24	Esquema do Encapsulamento de Óleos	93
Figura 3.25	elBulli & Modernist Cuisine Pratos à Base de Carragenanas.....	95
Figura 4.1	Composição com as Algas Recolhidas na Praia da Aguda	100
Figura 4.2	Exemplos de Pratos Multissensoriais.....	103
Figura 4.3	Alimentos Ricos em Umami (Glutamato e Sinérgicos).....	105
Figura 4.4	Substâncias Umami no Endocarpo e Mesocarpo do Tomate	106
Figura 4.5	Microextração em Fase Sólida (SPME).....	112
Figura 4.6	Comparação dos Cromatogramas da <i>Ulva rigida</i> Seca vs. Salgada.....	114
Figura 4.7	Extração Simultânea HS-SPME + LD-SBSE	115
Figura 4.8	GC-MS com Autosampler (Agilent Technologies, EUA)	118
Figura 4.9	Etapas para o Desenvolvimento de um Novo Produto	122
Figura 4.10	elBulli Exemplos de Inspiração na Cozinha Autóctone e Estrangeira	126
Figura 4.11	elBulli Exemplos de Adaptação e Desconstrução	127
Figura 4.12	elBulli Exemplos de Minimalismo	127
Figura 4.13	elBulli Exemplo de Pluralismo	128
Figura 4.14	elBulli Exemplos de Mimetismo Culinário.....	129
Figura 4.15	Análise Sensorial de Massas Alimentícias com Algas Marinhas.....	136
Figura 5.1	Gráfico: Perfil Aromático da Alface-do-Mar (<i>Ulva Rigida</i>) Fresca.....	139
Figura 5.2	Cromatograma de GC-MS da Alface-do-Mar (<i>Ulva rigida</i>) Fresca	141
Figura 5.3	Comparação dos Cromatogramas de GC-MS da Alface-do-Mar (<i>Ulva rigida</i>) Seca e Fresca.....	142
Figura 5.4	Gráfico: Comparação dos Perfis Aromáticos da Alface-do-Mar (<i>Ulva rigida</i>) Seca e Fresca.....	143
Figura 5.5	Gráfico: Perfil Aromático do Chorão-do-Mar (<i>Codium tomentosum</i>).....	145
Figura 5.6	Cromatograma de GC-MS do Chorão-do-Mar (<i>Codium tomentosum</i>).....	146
Figura 5.7	Gráfico: Perfil Aromático da "Wakame" (<i>Undaria pinnatifida</i>).....	147
Figura 5.8	Cromatograma de GC-MS da "Wakame" (<i>Undaria pinnatifida</i>).....	148
Figura 5.9	Gráfico: Perfil Aromático do Limo-Corriola (<i>Saccorhiza</i> ').....	150

Figura 5.10	Cromatograma de GC-MS do Limo-Corriola (<i>Saccorhiza polyschides</i>).....	151
Figura 5.11	Gráfico: Perfil Aromático da Cabelo-de-Velha (<i>Gracilaria gracilis</i>).....	152
Figura 5.12	Cromatograma de GC-MS da Cabelo-de-Velha (<i>Gracilaria gracilis</i>).....	154
Figura 5.13	Gráfico: Perfil Aromático da Erva-Malagueta (<i>Osmundea pinnatifida</i>).....	155
Figura 5.14	Cromatograma de GC-MS da Erva-Malagueta (<i>Osmundea pinnatifida</i>).....	156
Figura 5.15	Cromatograma de GC-MS da Erva-Malagueta (<i>Osmundea pinnatifida</i>) [1ª Parte].	157
Figura 5.16	Cromatograma de GC-MS da Erva-Malagueta (<i>Osmundea pinnatifida</i>) [2ª Parte].	158
Figura 5.17	Gráfico: Perfil Aromático dos Musgos (<i>Chondracanthus teedei</i> var. <i>lusitanicus</i>)	160
Figura 5.18	Cromatograma de GC-MS dos Musgos (<i>Chondracanthus teedei</i> var. <i>lusitanicus</i>) ...	161
Figura 5.19	Vinagres e Azeites com Algas	164
Figura 5.20	Tentativas de Produção de "Garum" com Algas.....	166
Figura 5.21	Condimentos com Algas	167
Figura 5.22	Conservas com Algas	168
Figura 5.23	Bebidas com Algas	170
Figura 5.24	"Snacks" e Petiscos com Algas.....	172
Figura 5.25	Caldos e Fundos de Cozinha com Algas	174
Figura 5.26	Sopas e Entradas com Algas	175
Figura 5.27	Massas Alimentícias com Algas.....	177
Figura 5.28	Pão e Manteigas com Algas	178
Figura 5.29	Alimentos Proteicos com Algas	179
Figura 5.30	Sobremesas com Algas	181
Figura 5.31	ANOVA: Resumo das Médias para as Amostras Avaliadas	183
Figura 5.32	CATA: Gráfico de Atributos Relevantes para as Amostras Avaliadas.....	186
Figura 5.33	CATA: Gráfico Simétrico para os Atributos e os Produtos	187
Figura 5.34	CATA: Mapa de Preferências da "Impressão Global" vs. Atributos.....	188
Figura 8.1	Hóstias de Chocolate Branco com Caviar.	225
Figura 8.2	Food Pairing: Exemplos na Cozinha de Autor.....	227
Figura 8.3	Food Pairing: Algas Verdes (<i>Ulva</i> spp.)	234
Figura 8.4	Food Pairing: <i>Codium</i> sp.....	235
Figura 8.5	Food Pairing: "Wakame" (<i>Undaria pinnatifida</i>)	236
Figura 8.6	Food Pairing: "Kelp" (Laminariaceae)	237
Figura 8.7	Food Pairing: <i>Gracilaria</i> sp.	238
Figura 8.8	Food Pairing: <i>Osmundea pinnatifida</i>	239
Figura 8.9	CATA: Ausência e Presença de Atributos nas Amostras (%)	249
Figura 8.10	CATA: Participação dos Atributos (%) e Impacto sobre a Média	249

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1	Macroalgas Alimentícias Não Convencionais (Vermelhas)	40
Tabela 2.2	Macroalgas Alimentícias Não Convencionais (Castanhas)	44
Tabela 3.1	Lista de Ficocolóides e sua Classificação.	85
Tabela 3.2	Aspetos Nutricionais Importantes das Algas Marinhas.	96
Tabela 4.1	Alimentos e Teor de Glutamato / Ácido Glutâmico *	108
Tabela 4.2	Condições Experimentais da GC-MS	119
Tabela 4.3	Algumas das Algas Estudadas e seus Descritores de Aroma	134
Tabela 5.1	DNP: Resumo dos Produtos Trabalhados	163
Tabela 5.2	CATA: Atributos Relevantes para as Amostras Avaliadas	185
Tabela 8.1	Nutrientes em Macroalgas Marinhas (% do peso seco)	222
Tabela 8.2	Minerais em Macroalgas Marinhas (g/100g do peso seco)	223
Tabela 8.3	Vitaminas em Macroalgas Marinhas (mg/100g da porção comestível)	224
Tabela 8.4	Food Pairing: Algas Verdes (<i>Ulva</i> spp.)	240
Tabela 8.5	Food Pairing: <i>Codium</i> sp.	241
Tabela 8.6	Food Pairing: "Wakame" (<i>Undaria pinnatifida</i>)	242
Tabela 8.7	Food Pairing: "Kelp" (Laminariaceae)	243
Tabela 8.8	Food Pairing: <i>Gracilaria</i> sp.	244
Tabela 8.9	Food Pairing: <i>Osmundea pinnatifida</i>	245
Tabela 8.10	Análise Sensorial: Estatísticas Descritivas para as Amostras Avaliadas	246
Tabela 8.11	ANOVA: Resumo das Médias para as Amostras	247
Tabela 8.12	CATA: "Teste Q de Cochran" para os Atributos	247
Tabela 8.13	CATA: "Teste Q de Cochran" para os Atributos [Continuação]	248
Tabela 8.14	Compostos Orgânicos Voláteis: Grupo Funcional, Estrutura, Fórmula e Índices Kovats	253
Tabela 8.15	Compostos Orgânicos Voláteis: Limiares de Detecção e Descritores Organolépticos	263
Tabela 8.16	GC-MS: Alface-do-Mar (<i>Ulva rigida</i>) Seca	268
Tabela 8.17	GC-MS: Alface-do-Mar (<i>Ulva rigida</i>) Fresca	269
Tabela 8.18	GC-MS: Chorão-do-Mar (<i>Codium tomentosum</i>)	270
Tabela 8.19	GC-MS: "Wakame" (<i>Undaria pinnatifida</i>)	271
Tabela 8.20	GC-MS: Limo-Corriola (<i>Saccorhiza polyschides</i>)	272
Tabela 8.21	GC-MS: Cabelo-de-Velha (<i>Gracilaria gracilis</i>)	273
Tabela 8.22	GC-MS: Erva-Malagueta (<i>Osmundea pinnatifida</i>)	274
Tabela 8.23	GC-MS: Musgos (<i>Chondracanthus teedei</i> var. <i>lusitanicus</i>)	275

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AA	=	Ácido Araquidónico
ACN	=	Acetonitrilo
AMP	=	Monofosfato de Adenosina
ANOVA	=	Análise de Variância
BSE	=	Encefalopatia Espongiforme Bovina
BSTFA	=	<i>N,O</i> -Bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida
CA	=	Análise de Correspondências
CATA	=	<i>Check-All-That-Apply</i> (Marque Tudo Que se Aplique)
DCM	=	Diclorometano
DHA	=	Ácido Docosahexenóico
DI	=	Imersão Direta
DMS	=	Sulfureto de Dimetilo
DMSO	=	Dimetilsulfóxido
DMSP	=	Propionato de Dimetilsulfónio
DNP	=	Desenvolvimento de Novos Produtos
DVB	=	Divinilbenzeno
EGS	=	Etilenoglicol Silicone
EI	=	Ionização de Impacto Eletrónico
EMBRAPA	=	Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola
EPA	=	Ácido Eicosapentenóico
FCT/UNL	=	Faculdade de Ciência e Tecnologia / Universidade Nova de Lisboa
G	=	Ácido α -L-Gulurónico
g	=	grama
GC	=	Cromatografia Gasosa
GC-MS	=	Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massa
GMP	=	Monofosfato de Guanosina

HM	= Alta Metoxilação
HPP	= Processamento por Alta Pressão
HS	= <i>Headspace</i> (Espaço à cabeça)
IMP	= Monofosfato de Inosina
IMTA	= Aquicultura Multitrófica Integrada
INE	= Instituto Nacional de Estatística
iu	= index units
kg	= quilograma
KI	= Índice Kovats
L	= Litro
LA	= Ácido Linoleico
LD	= Dessorção Líquida
M	= Ácido β -D-Manurónico
<i>m/z</i>	= razão massa/carga
MANC	= Macroalgas Alimentícias Não Convencionais
MAP	= Embalagem em Atmosfera Modificada
MDS	= Escalonamento Multidimensional
mg	= miligrama
min.	= minutos
mL	= mililitro
MPA	= Ácido 3-Mercaptopropiónico
MS	= Espectrometria de Massa
MSG	= Glutamato de Monossódico
MTPA	= Ácido 3-S-Metil-3-mercaptopropiónico
N/D	= Não Detetado
NIST	= <i>National Institute of Standards and Technology</i> (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia)
Ø	= Diâmetro

OAV	= Valor da Atividade de Odor
OTV	= Valor Limiar de Odor
P&D	= Pesquisa e Desenvolvimento
PANC	= Plantas Alimentícias Não Convencionais
PCA	= Análise de Componentes Principais
PCoA	= Análise de Coordenadas Principais
PDMS	= Polidimetilsiloxano
PGA	= Alginato de Propilenglicol
PTFE	= Politetrafluoretileno (Teflon®)
OAV	= Valor da Atividade de Odor
RI	= Índices de Retenção
ROAV	= Valor da Atividade de Odor Relativa
rpm	= rotações por minuto
RT	= Tempo de Retenção
SBSE	= Extração Sortiva em Barra de Agitação
SPME	= Microextração em Fase Sólida
TD	= Dessorção Térmica
TIC	= Cromatograma Iónico Total
u	= unidades de massa atómica
UC	= Universidade de Coimbra
VCF	= <i>Volatile Compounds in Food</i> (Compostos Voláteis em Alimentos)
W	= Watts
μL	= microlitro
μm	= micrómetro
χ ²	= Teste "Qui-Quadrado"
ω-3	= Ómega 3
ω-6	= Ómega 6

PREÂMBULO

O primeiro contacto que tive com o universo das algas marinhas, enquanto alimento, foi aos 8 anos de idade, quando meu pai me levou pela primeira vez a um restaurante japonês. Antes disso, elas tinham função puramente lúdica nos banhos de mar de fim de tarde na Praia de Piratininga, em Niterói. Eu e meus primos brincávamos de arremessar aquela "vegetação exótica"¹ uns nos outros, o que causava uma espécie de repulsa e muitas risadas.

Lembro-me dessa ocasião como se fosse hoje: ao subir as estreitas escadas que dão acesso ao sobrado, localizado no número 45 da Rua do Ouvidor, na cidade do Rio de Janeiro, não podia conter a excitação pela experiência que estava por vir. Deparei-me com a típica decoração japonesa, minimalista, em madeira clara. Por detrás do balcão, exercia seus dotes o "sushiman" Yasuto Tanaka – que mais tarde viria a ser o mentor de minha experiência profissional inicial, pós faculdade de gastronomia. Tratava-se do "Miako", o primeiro estabelecimento dedicado à arte da cozinha japonesa no Rio de Janeiro.

Tenho que agradecer ao meu pai pela curiosidade gastronómica. Desde novo aprendi com ele a não desprezar nenhum tipo de alimento. Como dito pelo próprio: "primeiro prove e depois julgue se gosta ou não". Confesso: não caí de amores pelos "sashimi" de polvo, "niguri-sushi" de bonito-serra ou "temaki" de ova de ouriço. Meu paladar estava mais inclinado para o "yakisoba"², não muito diferente das massas que já faziam parte da minha alimentação. Logo depois, o "nirá"³ salteado na "teppanyaki"⁴ tornou-se meu prato favorito. Não muito mais tarde, deu-se o momento em que sentei-me ao balcão, na companhia paterna, e comecei a partilhar as duplas que eram solicitadas ao "sushiman". Agora não mais no Miako, mas no "Zig-Zag", um outro

¹ Se minha memória fotográfica não me engana, provavelmente, composta de: *Ulva fasciata* (aderida às rochas e mexilhões), *Codium intertextum* e *Colpomenia sinuosa* (que eram trazidas pela arrebentação do mar).

² "soba" = "noodles", massa oriental; "yaki" = frito(a).

³ Broto de alho japonês (*Allium tuberosum*).

⁴ Chapa de ferro usada para grelhar/fritar alimentos.

restaurante japonês com localização privilegiada no mirante do Parque Dois Irmãos, e cujo proprietário era amigo de juventude de meu pai.

Mais ou menos ao mesmo tempo, minha mãe engajou-se na alimentação macrobiótica. Eu, naturalmente, não me interessei pelo cardápio, apesar de ser "incentivado" a comer arroz integral e sal com gergelim, dentre outras coisas. A única exceção eram as balas, tipo goma, feitas com algas marinhas. Nada significava para mim o facto de haver algas na composição; interessava-me mais o conteúdo colorido, recoberto por celofane transparente, com sabor duvidoso de frutas diversas. Comia cada cor na tentativa de adivinhar o sabor associado.

Muitos anos se passaram até eu incorporar, no exercício da profissão, todo o universo que compõe a "ficogastronomia". Durante a minha formação como cozinheiro profissional, não me lembro uma vez sequer de ter executado pratos com algas, com a ressalva de que usava "nori" nas aulas de "sushi". Sei que esse ingrediente não faz parte do cardápio brasileiro ou europeu e, tampouco, é tarefa fácil encontrá-lo nas lojas e mercados cariocas.

A admiração pelo "cocinero" catalão Ferran Adrià me levou a estudar exaustivamente as técnicas de vanguarda empregadas em sua cozinha artística, mais tarde baptizada de "tecnoemocional". Agar para gelatinas quentes, alginato para fazer "falsos caviars" e "esferas líquidas", carragenanas para espessar coquetéis, fazer "blancmange" (carragenana "iota") ou recobrir alimentos com uma fina película (carragenana "kappa") foram alguns dos preparos ensaiados na intimidade da minha cozinha. Ao aprofundar a pesquisa, descobri que esses "pós brancos", ingredientes que viabilizavam a mágica em seus pratos, eram, na verdade, polissacarídeos extraídos de algas. Numa breve busca em seu "Catálogo General"⁵, descobri alguns pratos que usavam algas marinhas. Muito raramente no princípio⁶ e com mais intensidade a partir de 2004, quando adentrou a fase nipónica.

⁵ Índice da obra do cozinheiro que agrupa todos os pratos criados durante a sua trajectória no restaurante elBulli (1983-2011); Consiste em 1.846 pratos retratados em mais de 7.000 páginas. Para visualizá-lo, acesse: <http://www.elbulli.com/catalogo/catalogo/> (Acessado em: 01/06/2017)

⁶ Em 1998, executa a primeira receita (de número 463) com algas chamada: "Galletas de Alga Nori". Inicialmente, o seu acervo estava restrito apenas às variedades: "nori" (*Porphyra yezoensis* e/ou *P. tenera*), "dulce" (*Palmaria palmata*) e "kombu" (*Saccharina japonica*) (Adrià et al. 2004; Adrià et al. 2006a; Adrià et al. 2006b).

Todavia, o ensejo para cozinhar com algas surgiu quando mudei-me para Portugal. Chefs como o Tiago Feio, Kiko Martins e André Magalhães me propiciaram algumas experiências marcantes com o ingrediente. Para além disso, eventos como o "Peixe em Lisboa" foram abrindo espaço, cada vez mais, para pensar as algas como ingrediente de grande virtude gastronómica, apesar de ignorado pela maioria dos comensais.

A grande responsável, ao final, pelo grande encontro foi, na verdade, Paulina Mata, professora e coordenadora do Mestrado. Quando da distribuição dos temas para o trabalho final de "Seminários II", ela me impediu de trabalhar novamente ingredientes brasileiros, e, delicadamente, sugeriu o enunciado sobre "algas marinhas na alimentação". Esse foi o princípio de uma relação que tem perdurado e gerados frutos.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as algas marinhas têm alcançado cada vez mais destaque nos lares, devido ao reconhecimento dos benefícios relacionados ao seu consumo. Chefs tem envidado esforços no sentido de elevar as algas ao patamar de alimento de grande virtude gastronómica, retirando-lhe o estigma de excentricidade de vegetarianos e macrobióticos. Paralelamente, iniciativas no campo da aquicultura de algas marinhas tem tomado corpo na Europa e EUA (Mouritsen, 2012a). Esse breve panorama revela duas diferentes motivações para a adoção de macroalgas em alimentação, quais sejam, saúde e sabor.

Enquanto há uma vasta literatura a respeito dos aspetos nutricionais e compostos bioativos das algas, existe muito pouco publicado sobre suas propriedades físico-químicas básicas no contexto da gastronomia e da inovação gastronómica (Mouritsen, 2012a). Tal panorama demonstra que a produção académica está muito mais voltada para a indústria nutracêutica do que para a alimentar. O presente trabalho tem como objetivo destacar as qualidades das macroalgas marinhas da costa portuguesa, especialmente, pela ótica do potencial gastronómico.

As algas estão na base da cadeia alimentar marítima e, como tal, são a fonte primária de nutrientes e compostos de sabor (Mouritsen, 2012a). Constata-se tal afirmativa através da análise de alimentos do mar, tais como peixes, moluscos e crustáceos. A título exemplificativo, apesar do metabolismo desses seres, sob condições normais, não produzirem compostos como alguns ácidos gordos polinsaturados do tipo " ω -3"⁷, sabemos que essas substâncias estão presentes no seu organismo, sendo obtidas através da alimentação (Mouritsen, 2013). Entretanto, no presente trabalho, nossa área de interesse reside, sobretudo, nos compostos de aroma. Queremos entender de que maneira eles vão impactar no sabor das algas e nos produtos desenvolvidos a partir delas.

⁷ É verdade, contudo, que sob certas circunstâncias seres humanos, animais marinhos e terrestres podem sintetizar EPA de outros ácidos gordos precursores e, em pequenas quantidades, DHA de EPA (Burdge & Wootton 2002; Bou et al. 2017).

Lembrando que o sabor deve ser aqui entendido como sendo a: "combinação complexa das sensações olfativas, gustativas e trigeminais percebidas durante a degustação". Para além disso, "o sabor pode ser influenciado por estímulos táteis, térmicos, dolorosos e/ou sinestésicos" (ISO, 2009). Vale ressaltar, contudo, que aproximadamente 80% daquilo que percebemos como sendo sabor advém, de facto, da olfação (Shepherd, 2013). Dessa forma, os compostos de aroma, por si só, vão ter um papel preponderante na caracterização organoléptica das algas marinhas. Apesar de propriedades como textura e aparência serem de grande importância para aceitação de um ingrediente enquanto alimento, no presente trabalho, optou-se pelo sabor como o ponto de partida para o desenvolvimento de novos produtos, sendo os demais aspetos considerados em segundo plano.

Para a identificação dos compostos voláteis, empregamos a "cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa" (GC-MS) para analisar algumas algas colhidas⁸ na praia de Buarcos (Figueira da Foz). Uma vez feita a análise e construídos os perfis, buscou-se entender as características de odor e sabor associadas a cada um deles, destacando os compostos voláteis protagonistas, de acordo com seus limiares de deteção, pelo conceito de "valor da atividade de odor" (OTV). Em seguida, fez-se o cruzamento das informações da análise instrumental com aquelas fornecidas pelo grupo de foco (análise sensorial), como forma de verificar a validade do modelo adotado. Por fim, como forma de tentar migrar do plano científico para o da criação, teve início a dinâmica de desenvolvimento de novos produtos.

Levando-se em consideração um público-alvo cada vez mais engajado em alimentação saudável, em diminuir (ou eliminar) a ingestão de proteínas de origem animal e na questão da sustentabilidade, recorreu-se a três diferentes enfoques conceituais, individualmente ou em conjunto, na formulação dos produtos: (1) alimentos funcionais, (2) vegetarianos, e que façam uso de (3) espécies invasoras ou algas pouco convencionais. Importa registar que todos os produtos foram elaborados com algas recolhidas de maneira sustentável, ou criadas em regime de aquicultura multitrófica integrada (IMTA).

Além disso, pensou-se em maneiras inovadoras de incorporar as algas nas diferentes formulações. Para tal, recorreu a uma ferramenta de "food pairing" e aos

⁸ Mais especificamente: *Ulva rigida*, *Codium tomentosum*, *Undaria pinnatifida*, *Saccorhiza polyschides*, *Gracilaria gracilis*, *Osmundea pinnatifida* e *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*.

estilos culinários utilizados pela equipa do restaurante "elBulli" no processo criativo (Adrià, Soler and Adrià, 2014). Empregou-se esses princípios, particularmente, na elaboração de fundos e caldos culinários com algas que remetessem às características de sabor dos preparos da cozinha clássica⁹.

É notório que nenhuma técnica instrumental é ainda capaz de suplantar a análise sensorial¹⁰ como ferramenta de caracterização organoléptica de uma determinada amostra (Rosenthal, 1999). Isso porque, apesar da qualidade físico-química e microbiológica de um alimento poder ser avaliada individualmente, através de métodos analíticos, apenas a análise sensorial será eficaz no que diz respeito à percepção desses atributos pelo indivíduos, cujos mecanismos de ação, fisiológicos e sinérgicos, são ainda relativamente desconhecidos pela ciência (Shepherd, 2013). Contudo, com os avanços dos métodos instrumentais, da computação (quimiometria), ou de uma combinação destes, num futuro não muito distante, as técnicas analíticas poderão torna-se o padrão para a indústria alimentícia (Smyth and Cozzolino, 2012).

Assim sendo, optou-se por submeter um dos produtos desenvolvidos (massas alimentícias com algas) a um painel de análise sensorial, com a intenção de validar a adequação dos preparos e caracterizar as amostras pelo possível mercado consumidor. O resultado mostrou-se valioso, tanto no que diz respeito aos ajustes necessários, como também forneceu pistas e reflexões que podem ser aplicadas a formulações futuras.

⁹ "Demi-glace" de carne, caldo de frango, fumet de peixe, caldo de crustáceos e de mariscos.

¹⁰ Análise Sensorial: descreve um conjunto de características ou atributos (subjetivos), segundo parâmetros pré-estabelecidos, que permite comparar produtos entre si ou classificá-los. É uma ferramenta de grande valia para as empresas, permitindo realizar controles de qualidade, desenvolver e lançar novos produtos, entender as preferências do mercado consumidor, etc. (Gacula, 1997).

2. MACROALGAS DA COSTA PORTUGUESA

2.1 O que são ALGAS?

Algas são organismo uni ou pluricelulares, fotoautotróficos, que vivem na água ou locais húmidos, tendo a clorofila como pigmento fotossintético (de San, 2012).

As microalgas surgiram há cerca de 3 mil milhões de anos, sendo uma das primeiras formas de vida a habitar o planeta. Ajudaram a preencher a atmosfera com oxigênio resultante da sua atividade fotossintética. Esse elemento químico é muito reativo e as formas de vida têm que se adaptar a fim de evitar a sua extinção, propiciando o surgimento de novas formas de vida. Além dos seres autotróficos (fotossíntese e quimiossíntese), propicia também o surgimento dos organismos aeróbios capazes de oxidar a glicose para gerar energia. Nesse contexto, as macroalgas surgiram há cerca de 1,5 mil milhões de anos atrás e somente se tornaram abundantes num período entre 800 a 500 milhões de anos¹¹.

Dividem-se em dois grandes domínios: o dos procariotas, cujo material genético não se encontra encerrado em um núcleo organizado, e o dos eucariotas, constituídos de células com várias organelas e um núcleo celular rodeado por uma membrana (Mouritsen, 2013).

As algas podem ainda ser agrupadas em duas grandes categorias: das "microalgas" que, como o nome refere, são seres microscópicos ou de baixa dimensão, geralmente unicelulares; e das "macroalgas" que são seres macroscópicos ou de grande dimensão, chegando a medir de alguns milímetros até mais de 50 metros de comprimento (Kim, 2015). Estimativas apontam que há mais de 70 mil espécies de algas, porém, um pouco mais da metade delas está catalogada (Guiry, 2012).

¹¹ Novos estudos apontam que as primeiras algas eucariontes, provavelmente vermelhas, já existiam há cerca de 1,6 mil milhões de anos atrás, conforme revelam fósseis em rochas sedimentares coletadas na Índia central (Bengtson *et al.*, 2017).

Quase todas as macroalgas marinhas (em inglês denominadas por "seaweeds") são comestíveis¹². No entanto, nem todas são palatáveis. No universo das microalgas, muita cautela é necessária no que diz respeito à alimentação haja vista que esses seres são capazes de produzir neurotoxinas – tais como saxitoxina, brevetoxina, ácido ocadaico e ácido domóico –, dentre outros compostos que podem ser danosos ao organismo humano (Higa and Kuniyoshi, 2000).

2.1.1 Microalgas



Figura 2.1 Fitoplâncton Marinho

[Crédito: Richard Kirby]

O fitoplâncton é o conjunto dos organismos aquáticos microscópicos com capacidade fotossintética. Nele encontramos tanto algas verdes unicelulares como a "chlorella" (*Chlorella vulgaris*, Chlorophyta), quanto microalgas do tipo cianobactérias – cerca de 4.600 espécies¹³ – como a "spirulina" (*Arthrospira máxima* e *A. platensis*, Cyanobacteria), além de diatomáceas e dinoflagelados. Esses seres são de grande importância tanto para o equilíbrio dos ecossistemas marinhos, por estarem na base da

¹² Excetuando-se algumas macroalgas que produzem ácido sulfúrico do género *Desmarestia* spp. (Lobban and Harrison, 1994). Há também o caso da alga "hijiki" que possui elevado teor de arsénico inorgânico (Nisizawa *et al.*, 1987).

¹³ Segundo consta no banco de dados "algaeBASE" [Taxonomy Browser : Phylum Cyanobacteria]; Disponível em: <http://www.algaebase.org/browse/taxonomy/?id=4305> (Acessado em: 01/06/2017).

cadeia alimentar, como para o terrestre, em razão da renovação do oxigénio da atmosfera.

As microalgas têm atraído bastante atenção da comunidade científica devido ao seu potencial como fonte de novos metabolitos (compostos bioativos, pigmentos, lipídios, polissacarídeos, etc.), na produção de biocombustíveis e biopoliésteres com propriedades plásticas, na biorremediação, dentre muitas outras aplicações (Koller, Muhr and Braunegg, 2014; Kim, 2015).

2.1.2 Macroalgas

Macroalgas são organismos marinhos que se assemelham às plantas, vivendo geralmente presas a rochas ou outros substratos do mar (de San, 2012). As macroalgas subdividem-se ainda em verdes, vermelhas e castanhas consoante o conjunto de pigmentos fotossintéticos existentes (Mouritsen, 2013). Há cerca de 10.500 espécies de algas marinhas catalogadas, segundo a base de dados algaeBASE¹⁴, sendo aproximadamente: 1.500¹⁵ verdes, 7.000¹⁶ vermelhas e 2.000¹⁷ castanhas.

As algas verdes ou clorófitas estão inseridas no Reino Plantae pertencendo, em grande parte, à divisão Chlorophyta. São aparentadas das plantas terrestres e possuem, da mesma maneira, clorofilas dos tipos "a" e "b", além de outros pigmentos acessórios como a luteína, um carotenoide. Utilizam primariamente o amido como reserva de energia e têm as paredes celulares constituídas de celulose. As espécies comestíveis mais utilizadas são: *Ulva lactuca* e *U. rigida* (alface-do-mar); *Ulva compressa* e *U. intestinalis* (erva-patinha verde); *Caulerpa lentillifera* (uva-do-mar) (McHugh, 2003; Mouritsen, 2013; Pereira, 2016).

As algas vermelhas ou rodófitas estão inseridas no Reino Plantae e fazem parte da divisão Rhodophyta. Os pigmentos fotossintéticos são a clorofila "a" e "c", além da ficobilina. A ficobilina absorve luz de outros comprimentos de ondas, permitindo que as algas vermelhas vivam em regiões mais profundas do oceano. Tais pigmentos são

¹⁴ **algaeBASE**. Disponível em: <http://www.algaebase.org/> (Acessado em: 10/08/2017).

¹⁵ **Verdes**: 564 espécies na ordem Bryopsidales, 478 na Cladophorales, 66 na Dasycladales e 305 na Ulvales.

¹⁶ **Vermelhas**: 7.017 espécies no subfiló Eurhodophytina e 6.835 na classe Florideophyceae.

¹⁷ **Castanhas**: 2.046 espécies na classe Phaeophyceae.

sensíveis ao calor, fazendo com que as algas se tornem verdes com a cocção. Reservam energia sob a forma de amido e possuem polissacarídeos complexos de galactose – o agar e a carragenana – como elemento estrutural para além da celulose. Normalmente são algas de menor dimensão comparativamente com as castanhas. As principais espécies usadas diretamente na alimentação são: *Porphyra* spp.¹⁸ ("nori" ou erva-patinha); *Palmaria palmata* ("dulce"); *Chondrus crispus* (musgo irlandês) (McHugh, 2003; Mouritsen, 2013; Pereira, 2016).

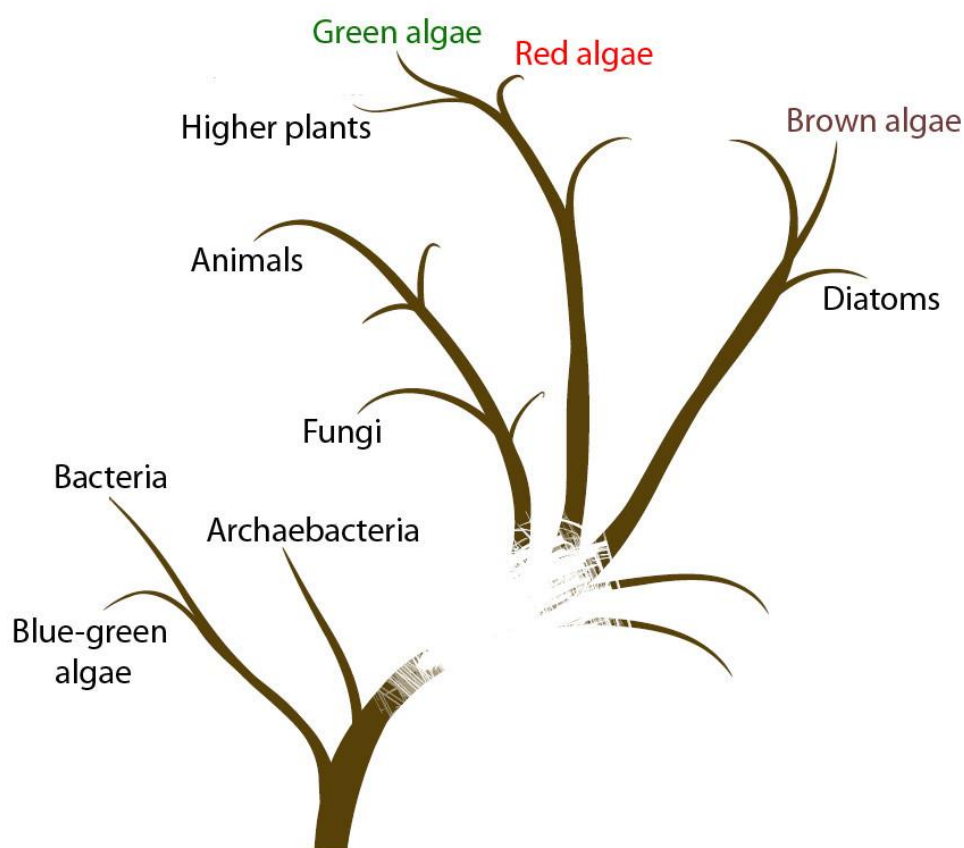


Figura 2.2 Árvore Filogenética das Algas

[Crédito: Ole G. Mouritsen]

As algas castanhas ou feofíceas estão inseridas no Reino Chromista e pertencem ao filo Ochrophyta e à classe Phaeophyceae. Os pigmentos fotossintéticos são a clorofila "a" e "d", além da fucoxantina. A quantidade de fucoxantina vai

¹⁸ Apesar de algumas algas do género *Porphyra* spp. – como *P. ternera*, *P. yezoensis*, etc. – terem sido reagrupadas sob a táxon *Pyropia*, optou-se no presente trabalho, por questões de padronização, por manter a nomenclatura original (Sutherland *et al.*, 2011).

determinar se sua coloração que poderá variar entre o castanho e o verde oliva. Reservam energia sob a forma de amido e manitol, um álcool poli-hídrico com poder edulcorante. Sua estrutura celular é composta de celulose e, em alguns casos, de alginato. As principais espécies usadas diretamente em alimentação são, em sua grande maioria, de origem asiática: *Saccharina japonica* ("kombu"); *Undaria pinnatifida* ("wakame"); *Sargassum fusiforme* ("hijiki"); *Eisenia arborea* e *E. bicyclis* ("arame"). Entretanto, é possível encontrar no Atlântico Norte espécies equivalentes que podem ser empregadas na cozinha devido às propriedades semelhantes, tais como: *Saccharina latissima* ("kombu-real"); *Laminaria ochroleuca* ("kombu-atlântico"); *Alaria esculenta* ("wakame atlântico"). Destaca-se ainda a *Himanthalia elongata* (esparguete-do-mar), espécie que tem alcançado popularidade (McHugh, 2003; Mouritsen, 2013; Pereira, 2016).

2.2 Produção Mundial e Consumo

Somente cerca de 6% da produção mundial de algas é proveniente de extrativismo; o restante – isto é, 94% das algas consumidas no mundo – é produzida por aquicultura. Das algas cultivadas, quase 93% são dos gêneros *Laminaria* spp., *Undaria* spp., *Porphyra* spp. e *Gracilaria* spp. (FAO, 2007). Os gêneros *Porphyra* spp. e *Undaria* spp. correspondem respectivamente à produção de "nori" e "wakame" para consumo humano, em especial, no Extremo Oriente. O gênero *Laminaria* spp., o mais cultivado, é empregado no fabrico de alginato, sendo também usado para produção de "kombu". Já as algas do gênero *Gracilaria* spp. e *Gelidium* spp. são extensivamente utilizadas na produção de agar, apesar de que também são aproveitadas enquanto alimento em alguns países (Mouritsen, 2013; Pereira, 2016).

Inicialmente, as algas produtoras de carragenanas eram extraídas diretamente dos oceanos. Com a compreensão do ciclo reprodutivo de algumas espécies, contudo, a aquicultura torna-se uma atividade viável, aumentando a oferta, a qualidade da matéria prima e contornando problemas relacionados à escassez e sazonalidade. Aproximadamente 12 espécies de algas carragenófitas já são cultivadas com sucesso, sendo que os gêneros *Kappaphycus* spp. e *Eucheuma* spp. representam a quase totalidade da produção. Algumas algas vermelhas de águas frias, no entanto, ainda são extraídas para produção de carragenanas especiais (Pereira and Correia, 2015). Os usos industriais dessas algas têm sido o mesmo desde o começo do século XX, isto é, para

alimentação ou produção de ficocolóides. Apenas na última década, as atenções se voltaram para novas atividades tais como os biocombustíveis e a bioenergia (Ghadiryanfar *et al.*, 2016).

O volume de algas marinhas cultivadas¹⁹ mais que dobou nos últimos dez anos: de 11,6 milhões de toneladas em 2005, pulou para 26,8 milhões de toneladas em 2014, tendo o valor total da produção por aquicultura aumentado de US\$ 3.101 milhões em 2005 para US\$ 5.372 milhões em 2014. Essa produção restringe-se, basicamente, aos grupos de algas vermelhas (61,8% do peso total e 71,2% do valor total) e castanhas (38,1% do peso total e 28,5% do valor total). Os maiores produtores mundiais de plantas aquáticas²⁰ (participação por valor em transações) estão localizados no Leste e Sudeste da Ásia: China (40,9%), Indonésia (29,3%), Japão (13,2%), Coreia do Sul (8,8%), Filipinas (4,5%), Coreia do Norte (1,2%) e Malásia (1,1%).

No mundo ocidental, ainda há mais interesse nas aplicações com ficocolóides do que no emprego das algas como alimento direto. Em contrapartida, na Ásia, em países como o Japão, a indústria de algas para alimentação supera o nicho dos ficocolóides. A produção de *Porphyra* sp. para fabricação de "nori" é sem dúvida a mais importante atividade econômica (Mouritsen, 2013).

A aquicultura, tanto em Portugal como dentro da própria União Europeia, destaca-se pelo cultivo de microalgas com diferentes propósitos que não apenas o da alimentação. Muitas companhias entraram no mercado devido ao grande número de incentivos e focaram-se, em especial, na produção de biocombustíveis. Porém, a baixa produtividade e os altos custos fizeram com que essas empresas migrassem para atividades de maior valor agregado, tais como farmácia, cosmética e alimentação (Enzing *et al.*, 2014). Vale registrar, por último, que a tendência de aumento no consumo de algas marinhas tem feito com que novos empreendimentos surjam no continente europeu (Mouritsen, 2012a).

¹⁹ FAO Yearbook – Fishery and Aquaculture Statistics Summary Tables (2014). Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/default.htm> (Acessado em: 20/03/2017).

²⁰ Lembrando que as algas marinhas representam cerca de 98% do peso total e 95% do valor total de plantas aquáticas cultivadas.

2.3 A Indústria de Algas Marinhas em Portugal

A indústria de agar portuguesa foi uma resposta à falta desse hidrocolóide durante a 2ª Guerra Mundial, chegando o país a ser, em 1971, um dos maiores produtores mundiais. A escassez de algumas algas agarófitas, o cenário internacional desfavorável, a incapacidade de diversificar o portfólio e de gerar produtos com maior valor agregado são alguns dos fatores que explicam o declínio e o quase desaparecimento da indústria de agar em território português (Pereira and Correia, 2015). Hoje em dia resta somente a empresa Iberoagar – uma empresa inicialmente portuguesa e que foi adquirida pela companhia japonesa Unialgas em 1970. Em Portugal, extrai-se agar apenas das algas *Gelidium corneum* e *Pterocladia capillacea* (Pereira, 2009).

Infelizmente, as atividades industriais relacionadas com a ficologia são pouco expressivas. Além da Iberoagar (Barreiro, Lisboa)²¹ no setor de ficocolóides, temos a Alga+ (Ílhavo, Aveiro)²² na área de aquicultura multitrófica integrada de macroalgas alimentícias e mais quatro empresas no campo das microalgas: ALLMA – "All Micro Algae" (Lisboa)²³; A4F and "AlgaFarm" (Patais, Leiria)²⁴; "Necton" (Algarve)²⁵; "Buggy Power" (Porto Santo, Madeira)²⁶.

A produção portuguesa por aquicultura é insignificante, porém, em 2014, o país figurou como sendo o 21º maior produtor mundial de plantas aquáticas por extrativismo²⁷. Ressalte-se que a colheita é uma atividade laboriosa feita, em grande parte, manualmente, e, nesse segmento, destaca-se a coleta de alga por mergulho como é o caso de São Martinho do Porto, uma das poucas zonas demarcadas onde a mesma está regulamentada (Enzing *et al.*, 2014; Pereira and Correia, 2015).

²¹ **Iberoagar** (sítio institucional); Disponível em: <http://www.iberagar.com/> (Acessado em: 20/03/2017).

²² **Alga+** (sítio institucional); Disponível em: <http://www.algaplus.pt/> (Acessado em: 20/03/2017).

²³ **ALLMA** (sítio institucional); Disponível em: <http://www.allmicroalgae.com/> (Acessado em: 20/03/2017).

²⁴ **A4F** (sítio institucional); Disponível em: <https://www.a4f.pt/> (Acessado em: 20/03/2017).

²⁵ **Necton** (sítio institucional); Disponível em: <http://www.necton.pt/> (Acessado em: 20/03/2017).

²⁶ **Buggy Power** (sítio institucional); Disponível em: <http://www.buggypower.eu/> (Acessado em: 20/03/2017).

²⁷ **FAO Yearbook – Fishery and Aquaculture Statistics Summary Tables (2014)**. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/default.htm> (Acessado em: 10/08/2017).

2.4 Caracterização das Espécies Estudadas

2.4.1 Macroalgas Alimentícias

VERDES (CHLOROPHYTA)

// *Ulva* spp.

Caracterizam-se pelo aroma intenso a maresia – provocado sobretudo pelo sulfureto de dimetilo (DMS) –, devendo ser consumidas frescas, apenas hidratadas, ou cozidas rapidamente. Elas substituem muito bem vegetais folhosos em saladas, salteados e sopas. Fixa-se normalmente em rochas no patamar mediolitoral, sendo facilmente coletada. A característica morfológica fundamental que diferencia a *U. lactuca* da *U. rigida* é a espessura das frondes, menos densa na primeira. Após a colheita, devem ser lavadas em água do mar, precisando ser removidos cuidadosamente os pequenos caracóis que se alimentam da alga (Pereira, 2009). *U. clathrata*, *U. compressa* e *U. intestinalis* possuem perfil aromático e sabor bastante similar ao das "alfaces-do-mar". Contudo, devido à baixa dimensão dessas espécies, elas são usualmente desidratadas e empregadas como condimento ("aonori").

▪ *Ulva lactuca*

NOMES COMUNS: Alface-do-mar, limo (português); "lechuga de mar" (espanhol); "laitue de mer" (francês); "sea lettuce", "green laver", "lettuce laver", "chicory sea lettuce", "salt seaweed" (inglês); "aosa" (japonês); limu "paha-paha", limu "papahapapa", limu "palahalaha", limu "pala-haloha" (havaiano); imu "kokuu", imu "sarata" (polinésio) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Talo laminar, foliáceo lembrando uma alface, de coloração verde-clara. Um estipe curto faz a transição entre um pequeno disco de fixação e a lâmina (Pereira, 2009).

USOS: A alface-do-mar vem sendo usada há séculos como alimento humano em lugares como o Leste Asiático, Costa do Pacífico, Caribe, Reino Unido e Irlanda. *Ulva lactuca* era denominada por "rimu miti" (alga de sal) pelos antigos taitianos. Até os dias de hoje é comum desidratá-la para uso como condimento, sendo também empregada como verdura em saladas, e como legume em sopas na Índia, Paquistão, Vietname e Indonésia. Para além desses usos, utiliza-se, ainda, como

guarnição para outros alimentos no Havaí, Polinésia Francesa e Japão. Mais recentemente, tem vindo a ganhar espaço na culinária francesa tanto como tempero, quanto como ingrediente no preparo de massas (Pereira, 2016).



Figura 2.3 *Ulva lactuca*

[Crédito: algaeBASE]

▪ *Ulva rigida*

NOMES COMUNS: Alface-do-mar (português); "lechuga de mar" (espanhol); "sea lettuce", "green laver" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Talo laminar, foliáceo lembrando uma alface, de coloração verde-clara. Um estipe curto faz a transição entre um pequeno disco de fixação e a lâmina (Pereira, 2009).

USOS: *Ulva rigida* é utilizada como vegetal marinho por muitas culturas insulares devido ao seu alto valor nutritivo e sabor fresco. É comum prepará-la, exatamente, como se faz com as verduras, isto é, crua, fervida ou marinada com um ingrediente ácido. Nos Açores, essa espécie é empregada cozida no preparo de sopas e tortas. *U. rigida* também é consumida na bacia do mediterrâneo (Pereira, 2016).



Figura 2.4 *Ulva rigida*

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

▪ *Ulva clathrata*

NOMES COMUNS: "Bright green nori", "stone hair" (inglês); "aonori" (japonês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Tufos, de coloração verde-clara, compostos por eixos ramificados. Os eixos principais e os ramos encontram-se recobertos por râmulos cónicos muito característicos (Pereira, 2009).

USOS: *U. clathrata* é uma alga marinha bastante nutritiva, contendo altos teores de proteína. É empregada tanto na alimentação humana, quanto animal, e, em especial na aquicultura de camarões. Na cozinha coreana é usada como condimento juntamente com molho de soja. Também é consumida nos EUA, Caribe, China, Japão e Taiwan (Pereira, 2016) .



Figura 2.5 *Ulva clathrata*

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

▪ ***Ulva compressa***

NOMES COMUNS: "Thread weed", "tape weed" (inglês); "awo-nori" (japonês); limu "ele-ele" (havaiano) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: formada por tubos achatados, verde-claros, obtusos na extremidade. (Pereira, 2009).

USOS: *U. clathrata* é usada como alimento na Indonésia, Coreia, China e Taiwan, onde possuem boa reputação em termos de sabor; também consumidas na Índia, Paquistão, Japão, Filipinas, Península Malaia e Havaí. Na Indonésia, é utilizada para fazer saladas e sopas. Na cozinha coreana é empregada em vários temperos, juntamente com óleo de sésamo e vinagre. Na Índia, além dos usos mais comuns, há também uma compota que tem como base essa alga (Pereira, 2016).



Figura 2.6 *Ulva compressa*

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

▪ *Ulva intestinalis*

NOMES COMUNS: Erva-patinha verde (português); "gut weed", "hollow green nori", "tubular sea lettuce", "sea grass" (inglês); "anori" (japonês); limu "ele-ele" (havaiano) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Talo parenquimatoso de coloração verde-clara e forma tubular, que faz lembrar um pequeno intestino (Pereira, 2009).

USOS: *Ulva intestinalis* é usada com bastante frequência nas cozinhas do Japão e China. No Japão, ela é usada como condimento para pratos de peixe e arroz; além de entrar no preparo de saladas, sopas e geleias. Nas cozinhas da Coreia e Havaí ela também é empregada como condimento. Nas Filipinas, Malásia, Tailândia, Indonésia e Paquistão é normalmente consumida crua como salada. Nos Açores, *U. intestinalis*, juntamente com outras variedades de *Ulva* spp., são utilizadas frequentemente no preparo de tortas (Pereira, 2016).



Figura 2.7 *Ulva intestinalis*

[Crédito: algaeBASE]

// *Codium tomentosum*

Alga crocante, de sabor que lembra a percebes e que liberta um tipo de mucilagem quando picada.

NOMES COMUNS: Chorão-do-mar (português); "miru" (japonês); limu "aala-ula" (havaiano) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Talo cilíndrico, regularmente dicotómico, com consistência esponjosa e elástica, de cor mais ou menos verde escura. Apresenta utrículos não mucronados (Pereira, 2009).

USOS: Essa espécie é vendida nos mercados de Macáçar e usada como alimentos em diversas regiões da Malásia, onde são consumidas cruas como salada. É usada como alimento na Índia, Indonésia, Tailândia, Japão e Havaí, sendo consumida em sopas ou temperadas com molho de soja ou vinagre. No Japão, depois de desidratadas, essas algas são conservadas em sal, enquanto, na Índia, é preparada como infusão quando desidratada. *C. tomentosum* é considerada espécie comestível em Portugal e Galícia (Pereira, 2016).



Figura 2.8 *Codium tomentosum*

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

VERMELHAS (RHODOPHYTA)

// *Chondrus crispus*

C. crispus é a espécie mais empregada na extração de carragenanas, sendo a primeira utilizada para extração industrial desse ficocolóide na história. Possui textura firme e sabor delicado, o que permite o seu emprego tanto em pratos doces, como em sobremesas. Suas frondes vermelho-arroxeadas ou verdes, bifurcadas e franzidas, são normalmente postas ao sol para secar e branquear (Pereira, 2009).

NOMES COMUNS: Musgo irlandês, musgo da Irlanda, musgo-gordo, botelho(a), cuspelho, crespo (português); "muschio irlandese" (italiano); "mousse d'Irlande" (francês); "irish moss", "carragheen", "carragheen moss", "sea moss" (inglês); "tsunomata" (japonês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: O talo desta alga encontra-se aderente ao substrato por um pequeno disco de fixação, espesso no centro e delgado nas margens. O disco de fixação perene dá origem, periodicamente, a um talo ereto, cilíndrico, com 0,5 a 1,0 mm, a partir do qual se desenvolvem lâminas ramificadas dicotomicamente. Tais lâminas conservam,

mesmo quando se encontram submersas, o aspeto frisado. O talo possui coloração roxo-escura, quase negra, com iridescência azulada (Pereira, 2009).

USOS: O musgo irlandês continua a ser recolhido esporadicamente para alimentação na Irlanda, Escócia, na região costeira da Inglaterra, Islândia e, mais recentemente, no Canadá e Estados Unidos. Ele é empregado tradicionalmente no fabrico de uma espécie de manjar ("irish moss pudding") – sendo, para tal, fervido por algum tempo em água, coado e novamente fervido com leite, açúcar, casca de limão e especiarias. As carragenanas presentes na alga permitem que a mistura gelifique exatamente como se tivesse sido empregado amido de milho ou gelatina. Na segunda metade do século XIX, já era utilizado como aditivo alimentar e também consumido fresco ou desidratado. Alguns dos seus usos eram: como ingrediente no preparo de "relish"; passado em manteiga como um vegetal e servido como guarnição para carnes ou peixes; como gelificante para pudins e bebidas lácteas; em uma série de outras aplicações (recheios, coberturas, merengues, "marshmallows" e para clarificar cervejas). Atualmente, essa alga também é consumida no mercado asiático, em especial, o japonês (saladas, guarnição para "sushi" e sopas) através da marca "Hana Tsunamata"TM (**Figura 3.7**), a qual, pela manipulação exemplares selecionados, conseguiu desenvolver uma gama de produtos com diferentes cores para o musgo irlandês (Pereira, 2016).



Figura 2.9 *Chondrus crispus*

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

// *Mastocarpus stellatus*

M. stellatus é uma alga de textura gelatinosa e sabor neutro com aplicações parecidas com a do "musgo irlandês" (*Chondrus crispus*) – sendo, igualmente uma fonte de carragenana.

NOMES COMUNS: Corninho, folhinha, alface-miúda, limo-musgo (português); "grape pip weed" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Gametófitos eretos, com 10 a 15 cm de altura, consistência cartilaginosa, de cor vermelho-escuro ou acastanhada. O talo consiste num disco de fixação com dimensões até 5 cm, do qual deriva uma ou mais frondes, cilíndricas na base, em forma de goteira na zona mediana e progressivamente achatado para as extremidades, com ramificações dicotómicas, fazendo lembrar uma cauda de peixe. Tetrasporófitos incrustantes, com forma discoide, coriáceos e de cor púrpura quase negra (Pereira, 2009).

USOS: Considerada uma espécie comestível e usada como alimento em alguns países europeus, particularmente, na Irlanda, Islândia e Espanha (Galícia). Na Irlanda, desde tempos remotos, juntamente com *C. crispus*, essa alga tem sido coletada, desidratada e usada na confecção de sopas e geleias, assim como no preparo de uma bebida indicada para afastar doenças respiratórias. Na Islândia essa espécie é consumida, sobretudo, em tempos de escassez (Pereira, 2016).



Figura 2.10 *Mastocarpus stellatus*

[Crédito: Patrícia Gabriel]

// *Gracilaria gracilis*

G. gracilis é uma alga agarófita de consistência cartilaginosa. Em Portugal, não é colhida para a produção de agar (Pereira, 2009). Quando fresca, possui odor marinho e terroso que lembra levemente a cogumelos desidratados, podendo ser utilizada em saladas ou vinagretes. Quando seca, desenvolve um aroma muito pouco agradável, semelhante a peixe em decomposição, contudo, sua farinha pode ser empregada numa série de preparos de panificação (pães, "crackers", etc.).

NOMES COMUNS: Cabelo-de-velha (português); "slender wart weed" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Ramificações longas e pouco abundantes de cor púrpura com tonalidades esverdeadas, tendo um tamanho que pode atingir de 50 a 60 cm de comprimento. Esta alga apresenta talos fixados ao substrato mediante um pequeno disco basal, cilíndricos e com cistocarpos proeminentes à superfície (Pereira, 2009).

USOS: É utilizada como alimento no Vietname e como ração para aquicultura na África do Sul. Neste último e na Namíbia, também é cultivada para extração de agar. É considerada uma espécie comestível em Portugal e em outros países europeus (Pereira, 2016).



Figura 2.11 *Gracilaria gracilis*

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

// *Osmundea pinnatifida*

Alga aromática e picante com notas de trufas, mexilhões e lagosta; após seca possui grande pungência que, contudo, se esvai rapidamente com o tempo. Como alternativa para preservação dos aromas, pode-se, após desidratação, mantê-la em óleo neutro ou azeite. Fresca, picada, misturada em manteiga e congelada também conserva-se bem.

NOMES COMUNS: Erva-malagueta, botelho-preto, argacinho-das-lapas (português); "laurencia" (espanhol); "pepper dulce" (inglês); limu "maneoneo", limu "olipeepepe", limu "lipee" (havaiano) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Alga cartilaginosa, vermelho-escuro, com 4 a 15 cm de comprimento, fixada ao substrato por um pequeno disco basal. A fronde é ereta, carnuda, comprimida e muito ramificada (Pereira, 2009).

USOS: Essa alga marinha é desidratada e usada como condimento tipo pimenta ou caril na Escócia e Irlanda (Pereira, 2016). Em algumas ilhas açorianas, é curtida em vinagre para o fabrico de pickles, sendo depois consumida como acompanhamento para alimentos fritos – em especial, peixes (Pereira, 2009). Também tem uma boa utilização crua em saladas ou como guarnição para sopas.



Figura 2.12 *Osmundea pinnatifida*

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

// *Palmaria palmata*

O nome "dulse" vem do irlandês "dils" que quer dizer alga comestível (Pereira, 2009). Quando fresca pode ter textura demasiado fibrosa, sendo, por esse motivo, usualmente comercializada seca. O processo de reidratação faz com que as células se partam, tornando-a mais fácil de ser mastigada. Das algas comestíveis, é aquela cujas características organolépticas melhor se adaptam ao paladar ocidental. Possui gosto salgado e subtil, com aroma ligeiramente amendoado. Após secagem, desenvolve um sabor com nuances de peixe e de mar. Quando tostada ou frita, em óleo ou manteiga, passa a ter sabor que lembra a torresmo ou bacon (Mouritsen, 2013).



Figura 2.13 *Palmaria palmata*

[Crédito: algaeBASE]

// *Porphyra* spp.

As algas do género *Porphyra* spp. constam entre as mais consumidas no mundo, em especial, sob a forma de folhas de "nori". A palavra japonesa "nori" era um termo genérico para designar algas marinhas, entretanto, com o tempo, ela passou a designar o produto feito a partir de algumas algas desse género (Mouritsen, 2013; Pereira and Correia, 2015).

▪ *Porphyra leucosticta*

NOMES COMUNS: Erva-patinha, erva-do-calhau (português); "pale patch laver" (inglês); limu "lua'u", limu "lipahee" (havaiano) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Alga laminar, de coloração vinho-púrpura, translúcida e mucilaginosa ao tato, orbicular e lobulada (Pereira, 2009).

USOS: *P. leucosticta* é usada como alimento na costa atlântica dos Estados Unidos e Açores. Consumida também como alimento no Japão, China, Israel e Peru. No Havaí, é muito apreciada, sendo considerada uma iguaria (Pereira, 2016).



Figura 2.14 *Porphyra leucosticta*

[Crédito: algaeBASE]

▪ *Porphyra linearis*

NOMES COMUNS: Erva-patinha, erva-do-calhau (português); "winter laver" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Alga laminar, de coloração vinho-púrpura, translúcida e mucilaginosa ao tato, alongada e não-lobulada (Pereira, 2009).

USOS: Nos Açores, as algas vermelhas do género *Porphyra* spp. são coletadas e, então, consumidas fritas ou incorporadas em outros preparos como sopas ou omeletes – este último prato é chamado de "torta de erva-patinha" ou "tortas do calhau" (Pereira, 2016).



Figura 2.15 *Porphyra linearis*

[Crédito: algaeBASE]

- ***Porphyra umbilicalis***

NOMES COMUNS: Erva-patinha (português); "laitue rouge" (francês); "purple laver" (inglês); "nori", "chishima-kuronori" (japones) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Alga laminar, de coloração vinho-púrpura, translúcida e mucilaginosa ao tato, orbicular e lobulada, podendo atingir 40 cm de diâmetro. Sua fixação ao substrato faz-se através de um pequeno disco situado no centro da lâmina, que faz lembrar um umbigo (Pereira, 2009).

USOS: *P. umbilicalis* é colhida na França, costa atlântica dos Estados Unidos, Japão e em várias outras ilhas do Atlântico. Nos Açores, é empregada no preparo de vários pratos tais como sopas e "tortas" (Pereira, 2016). Na Irlanda, Escócia e,

principalmente, no País de Gales é empregada no preparo de uma receita bastante tradicional chamada "laverbread" (vide **Subsecção 3.1.2**); Também serve de guarnição para pratos à base de peixe ou carne, podendo ainda pode entrar no preparo de uma sopa típica chamada "cawl lafwr".



Figura 2.16 *Porphyra umbilicalis*

[Crédito: algaeBASE]

CASTANHAS (PHAEOPHYCEAE)

// *Fucus* spp.

Algumas espécies do género *Fucus* spp. podem ser utilizadas como a alga "kombu", isto é, incorporadas em sopas e ensopados para agregar sabor. Apesar de ser bem saborosa quando jovem, essa alga é ainda muito pouco utilizada em alimentação (Mouritsen, 2013).

▪ ***Fucus spiralis***

NOMES COMUNS: Bodelha, fava-do-mar, tremço-do-mar (português); "spiral(ed) wrack" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Talos com 10 a 50 cm de comprimento, de estrutura cartilaginosa, castanho-oliváceo, fixos ao substrato por um pequeno disco, a partir do qual se

desenvolve uma lâmina com nervura central, que se divide dicotomicamente e é desprovida de aerocistos (Pereira, 2009).

USOS: *F. spiralis* é consumido nos Açores, onde os receptáculos reprodutivos são colhidos e consumidos frescos como "snack" (Pereira, 2016).



Figura 2.17 *Fucus spiralis*

[Crédito: Patrícia Gabriel]

- ***Fucus vesiculosus***

NOMES COMUNS: Bodelha, fava-do-mar (português); "bladderwrack" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Talos de estrutura cartilaginosa, castanho-esverdeado, fixos ao substrato por um pequeno disco, a partir do qual se desenvolve uma lâmina com nervura central, que se divide dicotomicamente. Possui vesículas aeríferas (aerocistos), dispostas em ambos os lados da nervura média (Pereira, 2009).

USOS: *F. vesiculosus* costuma ser conservado seco, podendo servir de condimento para sopas e ensopados. É comumente usado como alimento no Japão e consumido, menos frequentemente, na Europa Ocidental – particularmente, na Espanha, Portugal, Escócia e Irlanda. No Alaska é empregado no preparo de

infusões (Pereira and Correia, 2015). Os aerocistos de *F. vesiculosus* possuem um potencial enquanto "snack" a ser explorado (Pereira, 2016). Esta alga também é aplicada em talassoterapia e muito utilizada para emagrecimento, possuindo propriedades anti-inflamatória e anti-celulítica (Pereira, 2009).

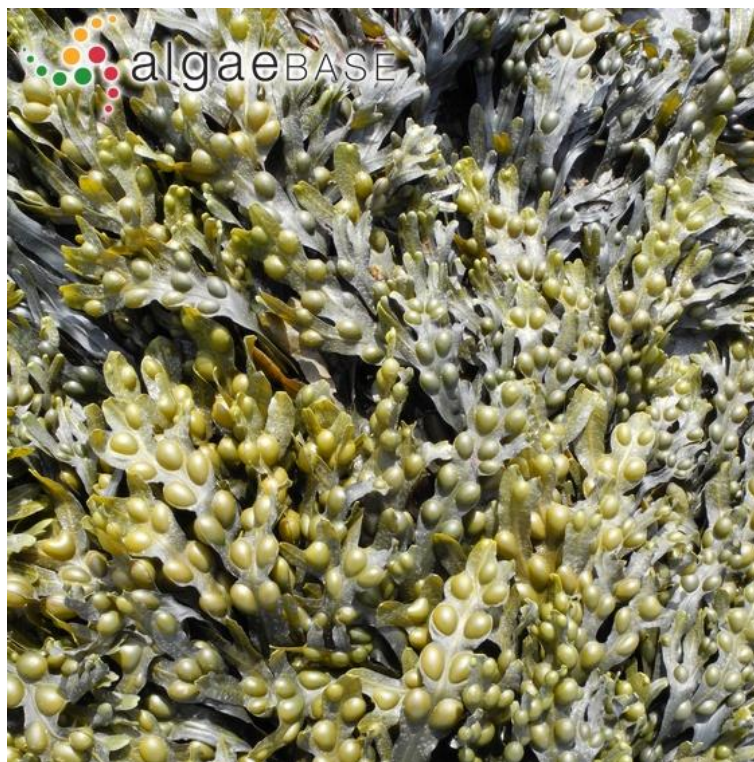


Figura 2.18 *Fucus vesiculosus*

[Crédito: algaeBASE]

// *Himanthalia elongata*

Possui um sabor delicado que remete a feijão verde e chocos ou lula. É das espécies do Atlântico com maior aceitação pelo mercado consumidor e também com melhor preço, devido à facilidade de coleta e ao rápido crescimento da biomassa. Contudo, em razão do aumento na demanda, seu valor comercial vem crescendo no mercado europeu. Durante a estação, pode ser vendida e consumida fresca. Também é comum encontrá-la desidratada, salgada ou em conserva (Pereira and Correia, 2015).

NOMES COMUNS: Esparguete-do-mar, cintas, cordas, corriolas (português); "spaghetti de mer"; "haricot de mer" (francês); "thongweed", "sea spaghetti", "sea beans" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Parte vegetativa perene, em forma de disco, com uma depressão central, de 3 a 4 cm de diâmetro e cor amarelo-acastanhado ou esverdeado, a partir da qual se desenvolvem uma ou duas tiras, de até 3 metros de comprimento, achatadas e divididas dicotomicamente (Pereira, 2009).

USOS: Diferentemente da maioria das espécies, *H. elongata* é uma alga pouco conhecida na maioria dos países asiáticos. Ela é consumida majoritariamente na França e Irlanda, podendo ser utilizada como um substituto das massas alimentícias, no lugar do feijão verde em ensopados, salteados ou envolta em polme e frita. Possui um amplo espectro de aplicação: é usada com diferentes propósitos em restauração e panificação, sobretudo, em empadas, pizzas, massas, patês, pães, conservas, etc. (Pereira and Correia, 2015; Pereira, 2016).



Figura 2.19 *Himanthalia elongata*

[Crédito: algaeBASE]

// *Laminaria* spp.

Algas laminárias também conhecidas em inglês por "kelps", têm textura carnuda e sabor iodado. Devido ao alto teor de umami (glutamato monossódico), ajudam a intensificar o sabor de outros ingredientes que entram na receita. Possuem a

capacidade de amaciar outros alimentos e aumentar a digestibilidade de leguminosas, reduzindo a flatulência (Pereira and Correia, 2015). Podem ser utilizadas numa grande gama de pratos tais como: saladas, sopas e ensopados; podendo ainda ser fritas, marinadas ou salteadas (Mouritsen, 2013).

- ***Laminaria hyperborea***

NOMES COMUNS: Chicote, folha-de-maio, taborro-de-pé, rabo-negro (português); "tangleweed", "tangle", "strapwrack", "mirkle", "kelpie", "cuvie" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Possuem talos longos de cor castanho-escuro; fixa-se por rizoides, fundidos entre si, numa base cónica de onde parte um estipe grosso com superfície rugosa; lâminas são coriáceas e por vezes também se encontram epifitadas (Pereira, 2009).

USOS: Na Islândia, *L. hyperborea* tem sido consumida seca e tostada. É usada como alimento também na Irlanda, Noruega, Espanha e Reino Unido (Pereira and Correia, 2015).



Figura 2.20 *Laminaria hyperborea*

[Crédito: algaeBASE]

- ***Laminaria ochroleuca***

NOMES COMUNS: "Kombu-atlântico", folha-de-carriola, fitas, taborrão (português); "atlantic kombu", "golden kelp" (inglês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Talos de até 2 metros, cor castanho-amarelada, mais claros na união da lâmina com o estipe; fixa-se por rizoides, fundidos entre si, numa base cónica de onde parte um estipe grosso e cilíndrico, flexível e de superfície lisa; este estipe atenua-se no seu extremo superior que se expande bruscamente numa lâmina larga coriácea de forma variada e mais ou menos profundamente dividida em numerosas fitas (Pereira, 2009).

USOS: *L. ochroleuca* é usada como alimento e sucedâneo da alga "kombu" japonesa (*Saccharina japonica*) na Europa (Pereira, 2016). É utilizada também no fabrico de caviars vegetarianos²⁸.



Figura 2.21 *Laminaria ochroleuca*

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

²⁸ A marca mais conhecida no mercado é a "Cavi.art"; Para maiores informações, acesse o site da companhia dinamarquesa que fabrica este produto, disponível em: <http://tang-huset.dk/en/products/> (Acessado em: 20/03/2017).

// *Saccharina latissima*

Antes denominada *Laminaria saccharina*, possui sabor e propriedades muito parecidas com a "kombu-atlântico" (*Laminaria ochroleuca*) (Pereira, 2009). Também assemelha-se a "kombu" japonesa (*Saccharina japonica*), porém, sua textura é mais firme, devido ao maior teor de alginato, o que a torna menos interessante para o preparo de caldos. É das algas com maior concentração de manitol – um tipo de açúcar cujos cristais precipitam na superfície dos tecidos durante o processo de secagem – o que confere uma certa doçura aos preparos. Como as outras "kelps" em geral, é rica em substâncias umami (Pereira and Correia, 2015). Possui mais sais de potássio do que de sódio, podendo ser empregada como substituto do sal de cozinha (NaCl) se seca e triturada (Mouritsen, 2013). A exemplo da "kombu", pode ser curtida em vinagre ("oboro kombu")²⁹, usada para fazer pickles ("makombu tsukudani") ou infusões ("kombucha"). Tem potencial para ser empregada como sucedâneo vegetariano de ingredientes de origem animal com textura firme e gelatinosa.

NOMES COMUNS: "Kombu-real", rabeiro (português); "laminaire sucrée" (francês); "royal kombu", "sweet kombu", "sugarwrack", "sweet wrack", "sugar tang" (inglês); "karafuto (tororo) kombu" (japonês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Lâmina inteira, nunca dividida, nitidamente ondulada e ornamentada, possuindo um estipe maciço e com rizoides de fixação, podendo atingir até 3 m de comprimento e até 30 cm de largura (Pereira, 2009).

USOS: *S. latissima* é uma alga comestível usada na cozinha da França, Irlanda, Espanha e Portugal; É também consumida na América do Norte (Pereira and Correia, 2015). Nunca deve ser lavada para que não sejam removidos os sais e açúcares presentes na superfície. Ao ser posta de molho aumenta o volume em cerca de 50%, podendo ser conservada dessa maneira por até 24 horas. Para extração dos compostos, deve permanecer em ebulição por, no máximo, 20 minutos para que não comece a degradar e a libertar substâncias amargas (Mouritsen, 2013).

²⁹ Para esse preparo, as algas são marinadas em vinagre de arroz, semi-secas e cortadas em lâminas da espessura de uma folha de papel (Mouritsen, 2013).



Figura 2.22 *Saccharina latissima*

[Crédito: algaeBASE]

// *Undaria pinnatifida*

U. pinnatifida é uma alga invasora, detetada pela primeira vez na costa ibérica em 1988. É a segunda alga mais consumida do mundo, possuindo sabor agradável, textura suave e alto valor nutritivo. Possui características organolépticas muito próximas da "winged kelp" (*Alaria esculenta*), excetuando-se a cor quando cozida. Não deve ser aquecida por muito tempo pois começa a se desintegrar após cerca de 15 minutos de cocção. Usualmente, remove-se o talo central antes de prepará-la (Mouritsen, 2013).

NOMES COMUNS: "Wakame" (japonês) (Pereira, 2016).

MORFOLOGIA: Alga foliácea, de cor castanho-esverdeada, translúcida, de 60 a 120 cm de comprimento e fixada ao substrato por um estipe comprimido, com margens denticuladas e uma lâmina com uma nervura central evidente (Pereira, 2009).

USOS: É usada em sopas, crua ou cozida, na China, Japão, Coreia e Vietname. Uma das maneiras comuns de se comercializar a "wakame" é congelada ou salgada (30%), após passar por processo de branqueamento – adquire coloração verde intensa quando passa por esse procedimento. Seca e picada costuma ser empregada na finalização de massas e sopas. Fresca e congelada é utilizada no preparo de saladas de algas (Pereira,

2016) como, por exemplo, a "hiyashi wakame" – salada de "wakame", vendida normalmente congelada, feita com gergelim, óleo de gergelim tostado, piri-iri, vinagre, açúcar e sal. "Mekabu" são os esporofilos dessa alga, uma iguaria muito apreciada no Japão (Mouritsen, 2013).



Figura 2.23 *Undaria pinnatifida*

[Crédito: algaeBASE]

2.4.2 Macroalgas Alimentícias Não Convencionais (MANC)

Hoje em dia, fala-se muito sobre as "Plantas Alimentícias Não Convencionais" (PANC) como uma alternativa à alimentação e à diversificação dos cardápios. O grande problema dos sistemas modernos de produção de alimentos é que eles tendem a focar poucas espécies (monocultura), com alta produtividade e máximo retorno económico. Dessa maneira, temos que a variedade de ingredientes que compõem a alimentação, em especial no caso do Brasil, reduziu drasticamente ao longo do último século (Kinupp and Lorenzi, 2014). Visto por essa ótica, o estímulo ao consumo de PANC também é um estímulo à biodiversidade e conservação de algumas espécies.

A "Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola" (EMBRAPA) vem concentrando esforços, através de pesquisas e projetos, para reintroduzir algumas PANC nas lavouras e estimular o extrativismo sustentável (Rodrigues, 2012; Brack, 2016). Muitos alimentos amazônicos e do cerrado brasileiro foram resgatados dessa maneira como, por exemplo, algumas oleaginosas (bauru, sapucaia, licuri, etc.). Além disso, chefs como o Alex Atala³⁰ passaram a utilizar ingredientes, antes desprezados ou não utilizados enquanto alimento no Brasil, tais como: mini arroz, maçã do coco, alga *Codium* sp.³¹, caramujo do mar, priprioca, formigas, etc. de maneira a valorizar o "terroir" brasileiro, em detrimento dos alimentos comerciais e das espécies exóticas cultivadas.

Nas "Guidelines for the New Nordic Diet" (Diretrizes para a Nova Dieta Nórdica) muito se fala sobre a necessidade de adotar o forrageio ("foraging") e meios de produção mais sustentáveis, o que implica necessariamente na redução do consumo de proteína animal e em um aumento no uso de vegetais e alimentos provenientes do mar (Mithril *et al.*, 2012).

De maneira análoga, considera-se interessante buscar algumas espécies de algas que não são comumente empregadas em alimentação, pelo menos em Portugal, avaliar suas propriedades organolépticas – através de análise sensorial e de diferentes formulações que tirem proveito de suas qualidades –, tentando viabilizar a sua

³⁰ Assim como muitos chefs europeus: Michel Bras (Laguiole, França), Marc Veyrat (Manigod, França), Andoni Luis Aduriz (País Basco, Espanha), René Redzepi (Dinamarca), etc.

³¹ **Caderno Paladar: A Morada do Quinto Sabor;** Disponível em: <http://paladar.estadao.com.br/noticias/restaurante-e-bares,a-morada-do-quinto-sabor,10000009014> (Acessado em: 20/03/2017).

introdução na dieta portuguesa. Para tal, cunhei a expressão "Macroalgas Alimentícias Não Convencionais" (MANC) que dá nome à presente subsecção. Após algumas colheitas realizadas e pesquisas sobre espécies presentes em território português, cheguei à seguinte lista de potenciais candidatas:

Tabela 2.1 Macroalgas Alimentícias Não Convencionais (Vermelhas)

ALGAS VERMELHAS			
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM ³²	USOS ³³	POTENCIAL ³⁴
<i>Ahnfeltiopsis devoniensis</i>	"Devonshire fan weed" (inglês)	Alga marinha comestível; Produz a carragenana híbrida "iota-kappa".	Aplicações semelhantes às das algas <i>Chondrus crispus</i> e <i>Mastocarpus stellatus</i> ; por exemplo, no fabrico de "aspics" e manjares.
<i>Asparagopsis armata</i>	"Harpoon weed" (inglês)	Alga marinha comestível.	Aplicações semelhantes às da alga <i>A. taxiformis</i> e <i>A. sanfordiana</i> que é empregada na cozinha havaiana (limu "kohu"); isto é, pilada fresca ou seca e polvilhada como tempero sobre diversos pratos.
<i>Callophyllis laciniata</i>	"Fanweed" (inglês)	Alga marinha comestível.	Aplicações semelhantes às da alga <i>C. variegata</i> que é empregada na cozinha chilena ("carola"); isto é, em ensopados ou tostada, pilada e polvilhada sobre diversos pratos.
<i>Chondracanthus acicularis</i>	Cabeça-de-preto, meruge, musgo-da-pedra (português)	Possui diversos usos culinários, tais como: em saladas, sopas, arroz, massas alimentícias, etc.	É uma alga com textura gelatinosa, de sabor neutro e pouco aroma, que possui grande versatilidade, sendo candidata a uma série de aplicações.

³² Fonte: **Edible Seaweeds of the World** (Pereira, 2016).

³³ Fontes: **Edible Seaweeds of the World** (Pereira, 2016); **Ike Kuuna Limu: Learning about Hawaii's limu** (Aiona, 2003).

³⁴ Para além de algumas observações empíricas, foi-se buscar inspiração no receituário das cozinhas havaiana, peruana e chilena (Aiona, 2003; Acha, 2009; Castro *et al.*, 2010).

ALGAS VERMELHAS			
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM ³²	USOS ³³	POTENCIAL ³⁴
<i>Chondracanthus teedei</i> var. <i>lusitanicus</i>	Musgos (português); "shikin-nori" (japonês)	Alga usada como alimento no Japão.	Aplicações semelhantes às da alga <i>C. chamissoi</i> que é empregada na cozinha chilena e peruana (yuyo ou "chicoria del mar"), isto é, como guarnição para ceviches e sopas de pescado. Pode ainda ser usada em saladas.
<i>Corallina officinalis</i>	"Coral weed" (inglês)	Alga marinha comestível.	Suplemento de cálcio em alimentos funcionais.
<i>Corallina elongata</i>	*****	Alga usada como suplemento de cálcio em alimentos funcionais.	Idem.
<i>Dilsea carnosa</i>	"Red rags" (inglês)	Alga marinha comestível, comercializada pela empresa galega "Porto Muiños".	Apesar da textura mais firme, poderia ser utilizada em aplicações semelhantes às da alga "dulce" (<i>Palmaria palmata</i>). O congelamento / secagem ou a cocção tornam a textura mais agradável.
<i>Gelidium corneum</i>	Agar, cabelo-de-cão (português)	Agarófita. Alga considerada como a "gelatina marinha" de maior qualidade. As fibras solúveis extraídas dessas espécies possuem um sabor neutro. Essa espécie também é consumida no Havaí.	Deve ser consumida preferencialmente cozida por causa da textura firme. Tem uso como gelatina vegetal no preparo de pratos salgados e doces; Como espessante em guisados e ensopados.
<i>Gigartina pistillata</i>	Borracha, botelho- borriço (português)	Carragenófita. Alga marinha comestível, comercializada pela empresa galega "Porto Muiños".	Saladas, conservas e picles. Deve ser consumida cozida por causa da textura firme. O aroma terroso e sabor suave levemente amendoado torna-a elegível também para o uso em sobremesas.

ALGAS VERMELHAS			
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM ³²	USOS ³³	POTENCIAL ³⁴
<i>Gracilariopsis longissima</i>	"Ogonori" (japonês)	Agarófita. Alga consumida crua, cozida ou como substituto da gelatina nas Ilhas Fiji, França, Malásia, Indonésia, Tailândia, China, Japão e Coreia.	Aplicações semelhantes às da alga cabelo-de-velha (<i>Gracilaria gracilis</i>); por exemplo, pickles, alimentos fermentados, "crackers", etc.).
<i>Grateloupia filicina</i>	"Chop-chop" (inglês); limu "hulu-hulu-waen" (havaiano)	Alga consumida no Japão, Coreia, Índia, Filipinas, Indonésia e Havaí. No Havaí, é usada fresca, como guarnição para frutos do mar (lula ou polvo) e carnes (fígado bovino).	Fresca em saladas ou como guarnição para peixes e frutos do mar. Por causa da textura, às vezes demasiado firme, pode ser preciso parti-la em pequenos pedaços usando uma faca.
<i>Grateloupia turuturu</i>	Ratanho (português)	Essa alga é nutritiva e confere cor a vários tipos de pratos. Usada como alimento na China, Japão e Coreia. Considerada uma espécie comestível (invasiva) em Portugal.	Devido ao sabor neutro e textura agradável, possui grande potencial para o emprego em saladas.
<i>Lomentaria articulata</i>	"Bunny ears" (inglês)	Alga marinha comestível, comercializada pela empresa galega "Porto Muiños".	A textura crocante e levemente cartilaginosa torna-a elegível para o uso em saladas, conservas e pickles.
<i>Nemalion helminthoides</i>	Esparguete-da-costa (português)	Alga usada no Japão e Itália, tanto crua como cozida.	O sabor iodado intenso que lembra a moluscos torna-a um ingrediente com grande potencial gastronómico nas mais variadas aplicações: saladas, esparguete vegetal, recheios de massas, tortas, pizzas, etc.
<i>Nitophyllum punctatum</i>	"Spotted scarf weed" (inglês)	Não há registo de uso em alimentação.	Aplicações semelhantes às da alga <i>N. adhaerens</i> que é empregada na cozinha havaiana (limu "hula").

ALGAS VERMELHAS			
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM ³²	USOS ³³	POTENCIAL ³⁴
<i>Plocamium cartilagineum</i>	Botelho-melado (português)	Agarófita; Alga marinha comestível.	A aparência que lembra uma "pluma" poderia, para além de acrescentar sabor, incorporar um elemento artístico na decoração de sopas tipo consomê ou bebidas.
<i>Pterocladia capillacea</i>	Musgo (português); "Obakusa" (japonês)	Agarófita; Alga usada como alimento na China, Coreia, Japão e Havaí.	Aplicações semelhantes às da alga <i>Gelidium corneum</i> , isto é, uso como gelatina vegetal e espessante.

Tabela 2.2 Macroalgas Alimentícias Não Convencionais (Castanhas)

ALGAS CASTANHAS			
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	USOS	POTENCIAL
<i>Ascophyllum nodosum</i>	"Egg wrack" (inglês)	Alga muito eficaz na bioacumulação de nutrientes e minerais, o que faz dela uma valiosa fonte alimentar. Consumida na Irlanda, Escócia, Noruega, Islândia e Groelândia.	Após desidratada essa alga adquire um sabor intenso que lembra a crustáceos secos. Pode ser empregada particularmente, como sucedânea do camarão em pratos vegetarianos. Os aerocistos são ricos em substâncias mucilaginosas; esses, ao serem desidratados, possuem textura crocante e agradável ao paladar, sendo apropriados para o preparo de petiscos.
<i>Bifurcaria bifurcata</i>	Frosque (português)	Alga marinha comestível, comercializada pela empresa galega "Porto Muiños".	Essa alga possui um sabor ligeiramente amargo e sensação adstringente que lembra fruta verde (pêssego, ameixa, uva, etc.) ou engajo. As partes mais maduras possuem textura fibrosa, sendo aconselhável consumir apenas as pontas mais macias. Grande potencial para o emprego em formulações doces.
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	"Netted wing weed" (inglês)	Alga marinha comestível.	Aplicações semelhantes à alga <i>D. plagioграмма</i> que é empregada na cozinha havaiana (limu "lipoa"), sendo uma das favoritas entre a população local. Normalmente, serve como acompanhamento para pratos de peixe e é conservada em sal durante a entre safra.

ALGAS CASTANHAS			
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	USOS	POTENCIAL
<i>Dictyota dichotoma</i>	"Divided net weed" (inglês); limu "alani" (havaiano)	Alga usada como alimento na Índia, Malásia, Tailândia, Indonésia e Havaí.	Desidratada e moída como condimento. As vezes é preciso deixá-las de molho em água para remover parte do amargor. Não é das algas mais apreciadas pelo nativos do Havaí, sendo usada maioritariamente com fins medicinais.
<i>Endarachne binghamiae</i>	Erva-lagosta (português); "Habonori" (japonês)	Alga usada como alimento na China, Japão, Taiwan e Coreia. Empregada usualmente como verdura. Comercializada pela empresa açoriana "Algae seaExpert".	Essa alga possui sabor que lembra a lagosta, conferindo um toque marítimo aos pratos onde é empregada. Pode ser consumida crua em saladas, refogada em manteiga (de alho) ou como acompanhamento para pratos de peixe.
<i>Pelvetia canaliculata</i>	Botelho-bravo (português)	Alga usualmente cozida em pequenas quantidades com vegetais comuns; Desidratada, pode ser empregada como condimento em pratos.	Após escaldada adquire uma coloração verde intensa. Essa alga possui uma textura bastante agradável, ligeiramente crocante. O sabor neutro confere-lhe grande versatilidade, podendo ser empregada, por exemplo, no lugar do feijão verde.
<i>Saccorhiza polyschides</i>	Limo-corriola (português); "Furbelows" (inglês)	Alga considerada uma espécie comestível no norte de Portugal e na Galícia; Usada como alimento nas regiões frias do Atlântico.	Essa alga possui um intenso aroma de pepino, o que levou ao seu uso enquanto vegetal em saladas, e também curtido em vinagre e especiarias (picles); Quando cortado em tiras fica com aspeto que lembra a "talharim vegetal". Contudo, a textura é bastante dura e nada agradável ao paladar. A cocção em solução com bicarbonato de sódio pode amaciá-la.

ALGAS CASTANHAS			
NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM	USOS	POTENCIAL
<i>Sargassum muticum</i>	"Wireweed" (inglês)	Apesar de não ser usada comercialmente, muitas populações costeiras fazem uso dessa alga enquanto alimento.	Essa alga pode passar por sucessivos processamentos: cocção prolongada em algumas trocas de água para remover o amargor e secagem para conservação. Os ramos dessa alga possuem potencial para uso como se faz com a "hijiki" (<i>S. fusiforme</i>), isto é, guarnecendo vegetais, peixes, em omeletes ou no recheio de massas alimentícias. Ou ainda, é possível testá-la para o preparo de infusões.
<i>Sargassum vulgare</i>	Sargasso (português)	Essa alga possui diversas aplicações (frescas, defumadas, cozidas, marinadas, ensopadas, como guarnição, etc.), porém, seu uso enquanto alimento não é muito comum.	Possui menor amargor que <i>S. muticum</i> , sendo elegível para um gama maior de aplicações. Essa alga, quando possui paladar mais suave, pode ser consumida fresca, caso contrário, é desejável cozê-la em água abundante para suavizar o amargor.

2.5 Técnicas de Processamento e Conservação

Como as algas são muito perecíveis, a maneira mais comum de conservá-las é por secagem. Quando sofrem desidratação, seus pigmentos podem alterar-se facilmente. Além disso, os raios solares são capazes de converter alguns pigmentos em polifenóis do tipo taninos, o que produz um paladar levemente adstringente nesses alimentos. Infelizmente, a maioria dos métodos de conservação fazem com que as algas percam parte de suas vitaminas e alterem algumas propriedades organolépticas – aparência, textura e, sobretudo, o sabor (Mouritsen, 2013). Também é possível encontrá-las frescas e salgadas ("dulse", "nori", "kombu-real", alface-do-mar, esparguete-do-mar, etc.) ou congeladas – por exemplo, na salada de algas "wakame" ("hiyashi wakame"). No caso da alga "hijiki", a sua comercialização *in natura* é proibida devido ao alto teor de arsénico inorgânico e, por esse motivo, ela deve passar por um processo de cocção longa e de desidratação para remoção da toxidade³⁵ e outros compostos amargos, método que a torna preta e com aparência de "chá tostado" (Nisizawa *et al.*, 1987; Mouritsen, 2013).



Figura 2.24 Unidade de Processamento da Alga+ em Ílhavo, Aveiro

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

³⁵ Devido aos processamentos empregados e as baixas quantidades consumidas, não representam um risco à saúde, segundo afirmou o "Ministério da Saúde, Trabalho e Bem-Estar" do Japão em 2004. Disponível em: <http://www.mhlw.go.jp/topics/2004/07/tp0730-1.html> (Acessado em: 20/03/2017). Porém, estudos posteriores contradizem essa informação (Nakamura, Narukawa and Yoshinaga, 2008; Yokoi and Konomi, 2012).

SECAGEM

É um dos métodos mais eficazes de conservação pois baixa a atividade da água, inibindo a proliferação de microorganismos. A secagem ao sol é feita por cerca de 3 dias. No forno ou estufa é feita em temperaturas que oscilam entre 60 °C e 30 °C por até 24 horas. Pode ser feita também no microondas a 300 W por 3 minutos (Pereira and Correia, 2015). Durante uma visita à fábrica da Alga+ (**Figura 2.24**), descobriu-se que o ideal é secar as algas a 25 °C até que atinjam de 10% a 12% humidade. Isso porque, nessa temperatura ou menos, a atividade enzimática é minimizada, conservando-se melhor as características organolépticas das matéria prima processada.

SALGA

Esse método, bastante empregado na França, varia consoante o tipo de alga utilizada. Porém, de maneira geral, as algas depois de colhidas são limpas de resíduos sólidos, depuradas e enxaguadas. Daí, são misturadas com sal marinho, na proporção de 20% a 30%, e deixadas curando, de 1 a 15 dias até perderem uma boa parte da humidade. Antes de embalar, o excesso de sal é removido, e essas algas costumam ser mantidas sob refrigeração até o consumo final (McHugh 2003; Mouritsen 2013).

OUTRAS TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO

Além dessas técnicas mais comumente empregadas pela indústria, os orientais também preservam as algas de outras maneiras como, por exemplo, em conservas ou fermentados. No Japão, temos o "nori itiban", uma conserva de alga *Porphyra* sp. em molho adocicado de soja. Na Coreia, algas do género *Gracilaria* spp. podem entrar na formulação de fermentados como o "kimchi", uma espécie de pickles. Além disso, no Maine (EUA), é comum defumar a alga "dulce" (*Palmaria palmata*) para preservá-la, além de conferir um sabor diferenciado.

Nos últimos anos, contudo, novas técnicas de processamento tem ganhado destaque no mercado de alimentos como, por exemplo, o "Modified Atmosphere Packaging" (MAP) e o "High Pressure Processing" (HPP). É curioso que nenhuma dessas técnicas ainda não tenha sido aplicada em escala comercial nas algas marinhas.

A "Embalagem em Atmosfera Modificada" ou MAP é uma técnica utilizada para prolongar a vida de prateleira de alimentos frescos ou minimamente processados. Nesta técnica de conservação, o ar que envolve o alimento na embalagem é alterado

para um gás, ou mistura desses, com outra composição. Essa nova atmosfera atua inibindo a atividade microbiana e oxidação. A mistura de gases na embalagem depende do tipo de produto, materiais de embalagem e temperatura de armazenamento. Dessa maneira, as características originais do produto podem ser prolongadas (Zhang *et al.*, 2016).

O "Processamento por Alta Pressão" ou HPP (**Figura 2.25**) é uma técnica de "pasteurização a frio" através da qual os produtos, já acondicionados na sua embalagem final, são introduzidos em um recipiente e submetidos a um alto nível de pressão isostática transmitida pela água. As altas pressões são capazes de matar os microorganismos presente nos alimentos, estendendo a vida útil dos produtos e garantindo segurança alimentar. O HPP respeita as propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos que, devido à ausência de tratamento térmico, mantêm-se durante todo o período de conservação (Syed *et al.*, 2016).



Figura 2.25 Equipamento de Processamento por Alta Pressão (HPP)

[Crédito: Avure]

Por fim, um outro fator que deve ser levado em consideração é a atividade enzimática que altera significativamente o perfil de sabor (Fujimura and Kawai, 2000). Não que essas mudanças sejam necessariamente ruins, na verdade, elas criam novos produtos em relação ao ingrediente original – como ocorre igualmente em alimentos como o presunto, bacalhau, muxama, etc. Entretanto, a possibilidade de manter as características organolépticas das algas intactas permitiria ao público dispor de uma nova gama de produtos de sabor mais suave e próximo do paladar ocidental.

No capítulo da análise instrumental retomaremos a discussão sobre o impacto da secagem no perfil de voláteis das algas. Pretende-se, num próximo trabalho, investigar mais a fundo o impacto das técnicas de conservação sobre as suas propriedades organolépticas.

3. ALGAS MARINHAS EM ALIMENTAÇÃO

3.1 FICOGASTRONOMIA: Algas à Mesa

O radical "fico" deriva do grego "*phýkos*" (φύκος) que significa algas³⁶. A etimologia da palavra "gastronomia" remete a ideia de "estudo das leis do estômago"³⁷. Porém, com o passar do tempo, o conceito de gastronomia, transmutou-se em "gastrologia", ou seja, aquilo que se refere "à ciência ou arte da boa cozinha" (Rentería, 2007). Dessa maneira, podemos concluir que "ficogastronomia" diz respeito à ciência ou arte de cozinhar as algas da melhor maneira.

As espécies de macroalgas marinhas consumidas em âmbito mundial circunscrevem-se a um universo bem menor do que o das espécies existentes. Estima-se que haja consumo de 221 espécies de macroalgas, sendo 125 vermelhas, 64 castanhas e 32 verdes. No contexto da alimentação são 145 espécies usadas diretamente em cozinha, ou cerca de dois terços do total, sendo 79 vermelhas, 38 castanhas e 28 verdes. No que diz respeito à produção de ficocolóides, têm-se 101 espécies empregadas, sendo 41 alginófitas, 33 agarófitas e 27 carragenófitas (Pereira and Correia, 2015).

É notório que, antes de preparar qualquer refeição, é preciso ter acesso a boas fontes de matéria-prima, o que não é tarefa fácil em se tratando de algas marinhas. O chef francês Alain Ducasse é conhecido por sua filosofia de cozinha: "60% da boa gastronomia é a escolha do produto, 35% o bom domínio profissional e 5% talento"³⁸.

Se compradas, secas ou salgadas, deve-se prestar atenção às instruções de uso. Normalmente, as algas secas devem ser reidratadas em 5 vezes o volume de água

³⁶ "fico-" in **Dicionário infopédia da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico** [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2017. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/fico-> (Acessado em: 20/03/2017).

³⁷ "gastronomia" in **Dicionário infopédia da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico** [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2017. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/gastronomia> (Acessado em: 20/03/2017).

³⁸ **Revista Época: Entrevista com Alain Ducasse**; Disponível em: <http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI238318-15227,00-ALAIN+DUCASSE+O+TALENTO+E+DA+BOA+COZINHA.html> (Acessado em: 20/03/2017).

filtrada por cerca de 15 minutos. As algas salgadas devem ser enxaguadas em água corrente por 3 vezes, para remover o sal da superfície, e deixadas de molho por 2 a 3 minutos para reidratar³⁹. Em algumas receitas é possível utilizá-las diretamente, sem a necessidade de qualquer tipo de tratamento – como é o caso das algas "kombu" secas, quando empregadas no preparo do "dashi".

Caso opte por coletá-las diretamente no mar, deve-se ter conhecimento necessário para saber identificá-las, usar um guia⁴⁰ ou então recorrer a alguém capaz de fazê-lo. As macroalgas não devem ser coletadas em locais poluídos, ou de maneira a danificar o ecossistema do local. Uma vez identificadas e recolhidas, devem ser lavadas com a própria água do mar, acondicionadas em caixas térmicas com umidade suficiente para mantê-las hidratadas, e transportadas rapidamente para um local onde se possa proceder ao seu processamento ou conservação. Antes de mais nada, devem ser depuradas em água salgada (2,5%) ou do mar por cerca de 2 horas e, após, enxaguadas em água corrente. Em seguida, remove-se o excesso de umidade, deixando-as escorrer em uma peneira, usando uma centrífuga para folhas e/ou colocando-as sobre papel absorvente. As algas costumam conservar-se bem por 2 ou 3 dias em frigorífico (0 a 8 °C), podendo chegar até a uma semana, no caso das macroalgas mais resistentes como as castanhas⁴¹; por até 6 meses quando congeladas (-18 °C ou menos) (Pereira, 2009; Mouritsen, 2013; Pereira and Correia, 2015).

Com relação ao preparo e cocção, não há uma regra geral. Deve-se, contudo, prestar atenção às especificidades de cada alga (vide **Secção 2.4**), levando-se em consideração que a maioria delas não tolera excesso de calor ou cocção prolongada.

3.1.1 Alimento Ancestral

As macroalgas marinhas têm sido consumidas por populações costeiras desde os tempos pré-históricos. Porém, a tradição de consumo sobreviveu em apenas alguns

³⁹ Conforme instruções da empresa francesa "Bord-à-Bord". Disponível em: <http://www.bord-a-bord.fr/cooking-with-seaweeds.php> (Acessado em: 20/03/2017).

⁴⁰ Por exemplo: **Guia Ilustrado das Macroalgas** (PEREIRA, 2009).

⁴¹ Isso porque alguns polissacarídeos sulfatados presentes nas algas castanhas – como o alginato, fucoidana e laminarina – parecem ter atividade antibacteriana (Raposo, Morais and Morais, 2015). Além disso, o alginato pode desencadear estímulos de defesa nas algas, possuindo efeito protetor contra organismo patogénicos (Vera *et al.*, 2011).

países asiáticos, muitos deles insulares, como Japão, Coreia, China, Tailândia, Vietname, Malásia, Filipinas, Indonésia e outras ilhas do Pacífico (Mouritsen, 2012a; Pereira, 2016). No mundo ocidental, parece que apenas a Islândia e o Havaí conservaram essa tradição, talvez, pela escassez de recursos alimentares (Laudan, 2013). Além disso, pode-se encontrar reminiscências de uso de algas em algumas localidades e países do ocidente como Fino-Escandinávia, Irlanda, Escócia e País de Gales, Bretanha (França), Galícia (Espanha), Açores (Portugal), Peru, Chile, Caribe e Alaska (EUA) (Mouritsen, 2012a; Pereira, 2016).

Ole G. Mouritsen (Mouritsen, 2013), em sua obra "Seaweeds: Edible, available & sustainable", debate algumas teorias sobre o papel das algas marinhas na evolução do cérebro humano. Uma delas aponta para o consumo de ácidos gordos tipo " ω -3", presentes em peixes e crustáceos – porém, não sintetizados pelos seus organismos – que se alimentam do fitoplâncton. Outra teoria indicaria que o homem primitivo era, em verdade, vegetariano e, por sua vez, aqueles que viviam nas regiões costeiras poderiam ter usado algas como alimento corrente. Entretanto, não há uma verdade universal, e o mais provável é que os primeiros seres humanos, devido à característica onívora de nossa espécie, tenham adotado diferentes regimes alimentares, podendo, inclusive, oscilar entre uma dieta vegetariana baseada em algas, uma dieta piscívora e uma dieta carnívora, consoante os recursos disponíveis (Mouritsen, 2013).

Os vestígios de algas para consumo humano mais antigos, já descobertos por arqueólogos datam de cerca de 12500 anos aC⁴². Dez espécies de algas foram encontradas em Monte Verde, no Chile: primeiramente, *Durvillaea antarctica* ("cochayuyo", Phaeophyceae), *Porphyra* sp. ("luche", Rhodophyta), *Gracilaria* sp. ("pelillo", Rhodophyta) e *Sargassum* sp. (Phaeophyceae); posteriormente, *Gigartina* sp. ("luga roja", Rhodophyta), *Mazzaella* sp. ("luga cuchara", Rhodophyta), *Porphyra columbina* (Rhodophyta), *Macrocystis pyrifera* ("huir", Phaeophyceae) e talvez *Sarcothalia crispata* ("luga negra", Rhodophyta). Os fragmentos dessas algas foram descobertos em costas rochosas e arenosas, em artefactos de pedra ou misturados com outras espécies medicinais em "bolos alimentares"⁴³, o que dificulta ainda mais a sua

⁴² Para conversão das datas de "14C Age BP" (Before Present) para "Calendric Age BC" (Before Christ), utilizou-se a calculadora online **CalPal**; Disponível em: <http://www.calpal-online.de/> (Acessado em: 20/03/2017).

⁴³ No original em inglês: "masticated cuds".

identificação. O locais das últimas descobertas parecem ser uma cabana residencial e uma tenda dedicada à medicina, o que aponta tanto na direção do consumo enquanto alimento (*Porphyra* sp.) como também do uso com propósitos medicinais (*Gigartina* sp. e *Sargassum* sp.). As descobertas em Monte Verde levaram ao desenvolvimento de uma teoria inteiramente nova, para explicar como os primeiros habitantes chegaram à América do Norte, assim como conduziram a uma reavaliação da importância das algas na dieta desses caçador-coletores (Dillehay *et al.*, 2008).

No Havaí⁴⁴, antes da chegada dos humanos, a oferta de víveres provenientes do solo era bem escassa. Além disso, os primeiros habitantes vieram da Polinésia (século III-V dC) onde havia uma tradição no consumo de algas: nada menos que cerca de 75 diferentes espécies eram usadas como alimento, número muito superior ao dos japoneses. Por esses motivos, os antigos havaianos eram proeminentemente um povo marítimo, estando intimamente familiarizados com produtos do mar e atividades de coleta relativas a eles. A pesca em alto-mar era, naturalmente, um trabalho masculino, uma vez que envolvia longos períodos e um certo grau de perigo. A pesca de recife foi igualmente apreciada por homens, mulheres e crianças. A partir das lagoas e águas mais rasas, foi obtida uma grande variedade de espécies comestíveis marinhas – muitos tipos de peixe, caranguejos, lagostins e camarões, moluscos, pepinos e ouriços do mar, polvos, etc. – e, do mesmo modo, algas comestíveis, denominadas "limu" no idioma nativo. Algumas espécies existiam exclusivamente em alguns locais mais remotos, sendo tratadas como iguarias ou reservadas à nobreza como foi o caso da *Porphyra leucosticta* (MacCaughey, 1916; Laudan, 2013).

Além do consumo de produtos do mar, também foi herdado dos polinésios o hábito de temperar os pratos com sal e alguns ingredientes nativos (inhame, batatas-doces, fruta-pão, côco, etc.). No século XVIII, deu-se o segundo povoamento pelos anglo-saxões que trouxeram consigo, sobretudo, as carnes, os gêneros do Novo Mundo, os citrinos e as frutas de todas as partes. Por fim, no século XIX, vieram os imigrantes do Sudeste Asiático – China, Japão e Coréia – com seus pratos à base de arroz, peixes e condimentos, feitos com soja e produtos do mar. São essas três etnias que, em conjunto, vão definir o caráter da cozinha havaiana (Laudan, 2013).

⁴⁴ Para maiores detalhes, consulte o texto: **The Economic Seaweeds of Hawaii and their Food Value** (Reed, 1906). Ver também passagens históricas em: **Seaweeds: edible, available & sustainable** (Mouritsen, 2013).

Vestígios arqueológicos de algas foram encontrados também no Japão, mostrando que o hábito de misturá-las com bivalves e peixes já era prática adotada pelos nativos das eras Jomom (6000 aC – 300 aC) e Yayoi (300 aC – 400 dC). Neste país, as algas eram um elemento tão importante da alimentação que, no ano 701 dC, uma lei garantiu o direito aos japoneses de pagarem com algas – tipo *Laminaria* sp., *Undaria* sp. e seu esporofilo denominado "mekabu", *Porphyra* sp. e *Gelidium* sp. – seus impostos ao imperador (Nisizawa *et al.*, 1987). Segundo o "Wamyosho", primeiro dicionário de japonês conhecido, cerca de 21 espécies de macroalgas marinhas – verdes, vermelhas e castanhas – já eram consumidas no começo da era Heiam (794 – 1185 dC); também encontram-se descritas algumas receitas com as mesmas. Durante a "Idade das Guerras Civis" (1467 – 1507 dC), as provisões das tropas continham, dentre outros alimentos, algas dos géneros *Hizikia* sp.⁴⁵, *Laminaria* sp., *Eisenia* sp., *Undaria* sp., *Nemacystus* sp. e *Porphyra* sp.⁴⁶ (Nisizawa *et al.*, 1987).



Figura 3.1 Mulheres Colhendo Algas

[Crédito: Katsukawa Shunka]

⁴⁵ Provavelmente algas "hijiki" (*Sargassum fusiforme*).

⁴⁶ Algumas delas denominadas atualmente pela táxon *Pyropia*.

Na Era Edo (1603 – 1912 dC), o país sofreu alguns surtos de fome e o governo feudal da época ordenou que gêneros alimentícios fossem armazenados para lidar com o problema, dentre eles, provisões de algas castanhas *Hizikia* sp., *Laminaria* sp., *Undaria* sp. e *Ecklonia* sp.. Além disso, muitos dos produtos, que eram comercializados no mesmo período continuam sendo fabricados exatamente da mesma maneira nos dias atuais. Vale destacar ainda que, na Era Edo, começa a fabricação de "kanten" (agar), assim como o uso de algumas macroalgas marinhas em confeitaria.

Paralelamente, no Extremo Oriente, no século XV, monges desenvolveram uma cozinha ascética, baseada, dentre outros ingredientes, em derivados de soja, cogumelos, vegetais e algas, combinando-os em delicados pratos. Gêneros como o alcool, a carne, a cebola e o alho, dentre outras espécies de *Allium* spp., eram banidos por serem incompatíveis com os princípios da religião – os budistas consideram que eles inflamam as paixões e estimulam a ignorância (Laudan, 2013). Pode-se intuir que o aperfeiçoamento e a cristalização dos modos de produção característicos desse período, particularmente no Japão, devem estar relacionados com a ascensão da tradição monástica, a exemplo do que aconteceu no ocidente (Franco, 2001).

3.1.2 Algas Marinhas na Alimentação

As algas marinhas são alimentos há muito tempo arraigados na cultura alimentar de alguns povos costeiros, em especial, daqueles situado no Extremo Oriente. Apesar de abundantes no Atlântico Norte e na costa americana do Pacífico, além das evidências que comprovam o seu consumo por povos primitivos, gradualmente, as algas foram perdendo espaço na alimentação (Mouritsen, 2013).

Na Europa, supõe-se que a introdução das algas marinhas na alimentação humana deva ter começado por volta do Século XV, em particular, nas regiões costeiras assoladas pela fome. Entretanto, com a popularização do cultivo da batata no Século XVII, a iminência da fome reduziu e essas populações foram abandonando gradualmente esse hábito. Como consequência, o uso de algas enquanto alimento permaneceu marginal durante a Idade Contemporânea (Fleurence, 2016).

Como visto anteriormente, as algas marinhas são alimentos correntes em países como Japão, Coréia e China. Com os movimentos migratórios do Leste Asiático para o resto mundo, houve um influxo de mercadorias e pessoas que carregaram consigo a

tradição do uso de algas em alimentação, contribuindo de maneira significativa para a sua disseminação em outras culturas (McHugh, 2003).

As algas são matérias-primas imprescindíveis na cozinha do oriente. O "dashi" é um caldo feito a partir da alga castanha "kombu" (*Saccharina japonica*, Phaeophyceae), juntamente com flocos de peixe bonito ("katsuobushi"), ou, em sua versão vegetariana, cogumelos "shitake". É empregado em diversos preparos da culinária japonesa, como, por exemplo, a sopa "missoshiro" e o "shabu-shabu"⁴⁷. A alga "kombu" serve, ainda, para fazer pickles ("makombu tsukudani") e uma infusão que lembra a chá, a "kombucha" – que nada tem a ver com a bebida fermentada, equivocadamente apelidada pelo mesmo nome no ocidente (Mouritsen, 2013).

As algas verdes mais empregadas em alimentação no Japão são as das espécies *Monostroma* spp. (*M. latissimum*, Chlorophyta), *Enteromorpha* spp. (atualmente *Ulva* spp.) e *U. prolifera* (Chlorophyta) (Nisizawa *et al.*, 1987). Na maioria das vezes, elas são secas e trituradas para confecção de temperos, como o "aonori" ou o "furikake"⁴⁸ (Mouritsen, 2009, 2013).



Figura 3.2 Prato de "Sushi"

[Crédito: Ole G. Mouritsen]

⁴⁷ Uma espécie de "fondue" onde carnes e legumes são cozidos diretamente nesse caldo.

⁴⁸ Condimento feito a partir de "nori" ou "aonori" e de outros ingredientes como peixes secos, gergelim, sal, açúcar e glutamato monossódico.

O "sushi" (**Figura 3.2**) é um prato icônico da culinária japonesa, que utiliza com bastante frequência algas vermelhas, mais especificamente a "nori" (*Porphyra yezoensis*; *P. tenera*), como ingrediente de sabor. As folhas de alga "nori"⁴⁹ também possuem função "estrutural", aumentando a firmeza dos preparos: para fazer rolinhos ("maki") e cones ("temaki"), como recipiente para ovas de peixe e outros alimentos pequenos ("gunkan-maki") ou em tiras para fixar alimentos no arroz de "sushi" ("nigiri-sushi") (Mouritsen, 2009). A "nori" também entra na formulação de uma ampla gama de produtos orientais como "crackers" e "snacks" (Mouritsen, 2013).

As algas são de uso comum nas culinárias asiáticas, porém, no mundo ocidental, elas são muito pouco empregadas nas cozinhas regionais, excetuando-se algumas localidades costeiras e insulares do Atlântico Norte e povos na região costeira do Pacífico na América do Sul (Chile e Peru). Além do Japão, China e Coreia, talvez o território que mais se destaque pelo uso intensivo de algas em cozinha seja o Havaí (Reed, 1906; MacCaughey, 1916).

Os havaianos são únicos no emprego das algas em sua culinária. Antigamente, o "limu" – termo genérico para se referir às algas – era o terceiro elemento da equilibrada dieta a base de peixe e "poi"⁵⁰.

Segue abaixo uma síntese⁵¹ das principais algas empregadas na cozinha havaiana, assim como seus usos (Abbott, 1984):

- Limu "palahalaha" (*Ulva fasciata*, Chlorophyta): é servida picada grosseiramente como guarnição para peixes crus ou sopas leves.
- Limu "ele'ele" (*Ulva prolifera*, Chlorophyta): é salgada após a colheita e pode ser conservada, em pote hermético, por até 10 dias, quando desenvolve um odor fermentado; é consumido em ensopados ou com "lomi"⁵² de peixe. Por ser muito aromática, uma pequena quantidade é suficiente para temperar.

⁴⁹ Comercializadas sob duas diferentes designações: "hoshi-nori" (folhas de "nori" secas) e "yaki-nori" (folhas de "nori" secas e tostadas).

⁵⁰ Um tipo de mingau fermentado de raiz de inhame (Davidson, 2006).

⁵¹ Extraída do poster feito por Linda Preskitt, do Departamento de Botânica da Universidade do Havaí, intitulado: "Edible Limu... Gifts from the Sea"; Disponível em: <http://www.hawaii.edu/reefalgae/publications/ediblelimu/> (Acessado em: 01/06/2017). Esse material foi, por sua vez, baseado na obra "Limu: An Ethnobotanical Study of Some Hawaiian Seaweeds" da professora e etnobotânica havaiana Isabella A. Abbott (Abbott, 1984).

⁵² Prato de peixe, usualmente salmão, amassado com as mãos ou picado e macerado com temperos; "lomi-lomi" em havaiano significa "massagear" (Titcomb, 1972).

- Limu "wawae'iole" (*Codium edule*, Chlorophyta): é consumida normalmente picada ou pilada e misturada com sal, sendo servida pura ou como acompanhamento para peixes, frutos do mar e ensopados.
- Limu "manauea" e "ogo" (*Gracilaria coronopifolia* e *G. parvisipora*, Rhodophyta): são usadas como substitutas uma da outra, sendo consumidas levemente salgadas.
- Limu "kohu" (*Asparagopsis taxiformis*, Rhodophyta): é preparada colhendo-se os ramos superiores da alga, pilando-a e fazendo bolas do tamanho de uma noz, que se conservam por um período indefinido. É empregada em pequenas quantidades, devido ao seu sabor pungente, nos "poke"⁵³, "lomi" (Figura 3.3) e ensopados de carne.



Figura 3.3 "Poke" de Atum ("Ahi"), "Lomi" de Salmão e "Poke" de Polvo ("Tako")

[Crédito: Guava Rose (<http://www.guavarose.com/>)]

- Limu "huluhuluwaena" (*Grateloupia filicina*, Rhodophyta): é preparada picando-se finamente as algas e salgando-as ligeiramente. Emprega-se essa espécie de limu em pratos à base de polvo seco ou grelhado, carne bovina cozida e fígado cru.
- Limu "lipoa" (*Dictyopteris plagiogramma*, Phaeophyceae) confere um sabor picante em pratos, preferencialmente guisados de peixe ou carne. As plantas mais novas são picadas ou piladas, levemente salgadas e conservadas

⁵³ Espécie de tártaro havaiano, tradicionalmente feito com atum ou polvo (Titcomb, 1972; Davidson, 2006).

refrigeradas para uso regular. As plantas ramificadas, mais maduras, são generosamente salgadas e conservadas indefinidamente.

Não há uma tradição de consumo de algas na Europa, exceto nos Açores (Portugal), Bretanha (França), Reino Unido, Irlanda e Islândia, onde ele é feito de maneira pouco regular. No continente europeu, seu uso mais comum era como fertilizante, ração animal e combustível. No passado, as algas muitas vezes foram reintroduzidas na alimentação como um recurso para sobrevivência em tempos adversos: esse foi, por exemplo, o caso da Suécia (Laudan, 2013).

Na Irlanda, Escócia e País de Gales, as algas do género *Porphyra* spp. são consumidas frias como salada, ou cozidas para acompanhar carne ovina (carneiro ou cordeiro). Uma receita simples e corriqueira consiste em refogar essas algas em um pouco de manteiga, temperando com sumo de limão. Um prato emblemático do País de Gales é o "laverbread", um tipo de esparregado feito com a erva-patinha. Esse preparo é confeccionado fervendo-se as algas em um pouco de água de mar, por horas a fio, até que elas fiquem com a aparência de uma papa escura. O acepipe costuma ser consumido no café da manhã, acompanhado por torradas e fatias de "bacon" fritas (**Figura 3.4**) (Mouritsen, 2013). Já na Irlanda, a erva-patinha é consumida numa espécie de papa com aveia. A alga "dulce" (*Palmaria palmata*, Rhodophyta) também goza de popularidade entre os irlandeses, entrando no preparo de sopas, pães e puré de batata (Mcgee, 2004).



Figura 3.4 "Laverbread" no Pequeno Almoço Galês

[Crédito: Getty Images]

Em Portugal, os registos históricos de uso das algas apontam mais na direção do emprego como fertilizante na agricultura do que para consumo humano. "Moliço" era o nome que designava um conjunto de algas e plantas aquáticas empregadas como fertilizante nas lavouras; e "moliceiro" era como se chamava a embarcação que realizava a coleta dessas plantas (**Figura 3.5**). Com o tempo e o aumento do uso de fertilizantes compostos inorgânicos, essa atividade entrou em declínio. Porém, ainda nos dias atuais, vemos essas embarcações circulando pelos canais de Aveiro, agora, como atração turística local (Pereira and Correia, 2015).



Figura 3.5 A Descarga do Moliço na Ria de Aveiro

[Crédito: Domingos José Cravo]

Nos Açores, como dito acima, utiliza-se algas marinhas em alimentação. As espécies autóctones mais usadas na região são: alface-do-mar (*Ulva* sp., Chlorophyta), erva-patinha (*Porphyra* sp.), erva-malagueta (*Osmundea pinnatifida*, Rhodophyta) e bodelha (*Fucus spiralis* e *F. vesiculosus*, Phaeophyceae). Algumas das receitas com algas mais famosas são: pickles de erva-malagueta, arroz do calhau com algas e tortas de erva-do-calhau (Pereira and Correia, 2015).

Nos últimos tempos, verifica-se uma tendência de aumento no consumo de algas marinhas na América do Norte e Europa, particularmente no território francês e nos países nórdicos (Mouritsen, 2013; Pereira and Correia, 2015). Atualmente, cerca de 15 a 20 variedades de algas comestíveis estão sendo comercializadas, regularmente, na Europa. Essas variedades diferem bastante em termos de qualidade, cor, textura e conteúdo nutricional, podendo ser encontradas em supermercados locais e lojas especializadas (Kılınç *et al.*, 2013).

As algas podem, ainda, ser uma importante aliada no combate à fome, em especial, nos países com ampla região costeira. Já nas regiões desérticas ou com alta

insolação, o clima é extremamente propício para produção de microalgas (Crespi and Lovatelli, 2011; Enzing *et al.*, 2014). De facto, a "spirulina" (*Arthrospira platensis* e *A. maxima*, Cyanobacteria) tem sido utilizada em projetos humanitários⁵⁴ na África, com o objetivo de combater a fome e a má-nutrição (Piccolo, 2011).

3.1.3 Algas Marinhas na Indústria Alimentar

A indústria alimentar faz uso corrente de ficocolóides em formulações alimentares, como será debatido na **Subsecção 3.3.2**. No que diz respeito ao uso de algas marinhas, as unidades fabris voltam-se mais para a produção dos ficocolóides, em si, e de alimentos tradicionais, tais como aqueles que acabamos de elucidar na subsecção anterior (McHugh, 2003; Fleurence, 2016).

Nas últimas décadas, houve um crescente interesse no seu uso como ingrediente em formulações alimentares, devido aos benefícios nutricionais do consumo de algas; preocupações relacionadas com o meio ambiente e o crescimento da população mundial também impulsionaram essa tendência (Mouritsen, 2012a). É claro que a assimilação dessas matérias primas teria que ser feita de maneira lenta e gradual, isto é, não se pode esperar que as pessoas passem a consumir algas em bases diárias de uma hora para outra. Uma estratégia bastante adotada, com algum sucesso, foi a de incorporar as algas sob a forma de farinha, que poderia ser empregada de diversas maneiras: fina em produtos de panificação ou massas, granulada, como substituta do sal ou condimento, em aplicações diversas (McHugh, 2003).

Nota-se que grande parte dos estudos sobre novos produtos com algas foca mais em suas propriedades funcionais, dietéticas e reológicas do que no aproveitamento de seu potencial em termos aroma e sabor. Dentre os produtos alimentícios referenciados na literatura, temos: salsichas "frankfurter" (*Himanthalia elongata*, Phaeophyceae), empadas de carne (*Undaria pinnatifida*, Phaeophyceae) e porco (*Saccharina japonica* – anteriormente denominada *Laminaria japonica*, Phaeophyceae), carne de frango reestruturada (*H. elongata*), massas alimentícias (*Monostroma nitidum*, *Sargassum marginatum* e *U. pinnatifida*, Phaeophyceae), pães (*Kappaphycus alvarezii*,

⁵⁴ Intergovernmental Institution for the Use of Micro-Algae Spirulina Against Malnutrition (IIMSAM); Disponível em: <http://www.iimsam.org/> (Acessado em: 01/06/2017).

Rhodophyta), etc. (Kadam and Prabhasankar, 2010; Mamat *et al.*, 2014; Freitas *et al.*, 2015).

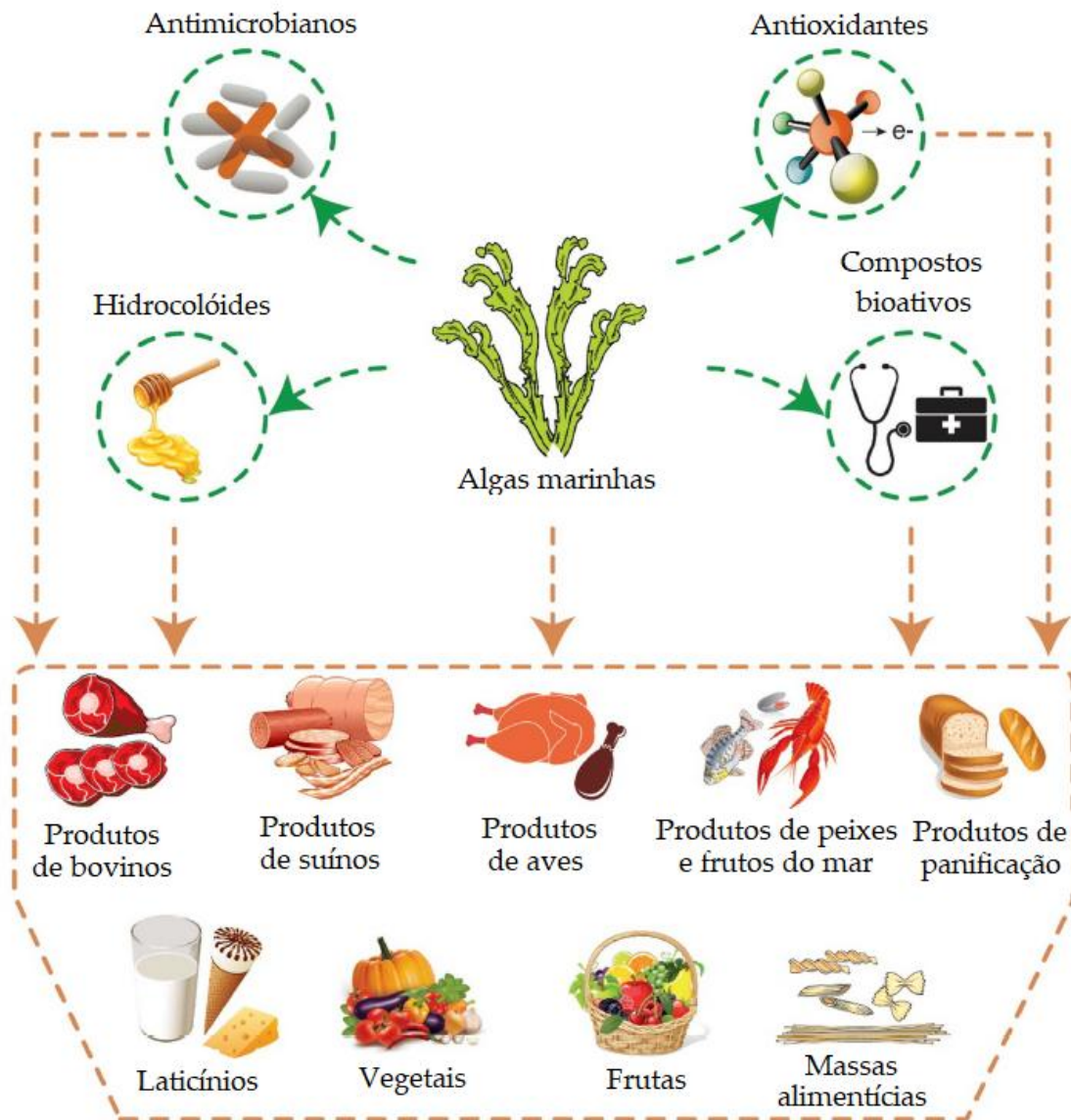


Figura 3.6 Aplicações com Algas na Indústria Alimentar

[Adaptado de: Roohinejad *et al.* (2016)]

Além disso, há uma série de possíveis aplicações para as algas na indústria alimentar, conforme pode ser visto na **Figura 3.6**, dentre as quais se destacam as seguintes (Freitas *et al.*, 2015; Rioux, Beaulieu and Turgeon, 2017):

- Emprego de compostos com atividade antioxidante – em especial, polifenóis e compostos fenólicos, como as catequinas, os flavonóis e os florotaninos;

- Emprego de compostos com atividade antibacteriana – em especial, alguns polissacarídeos sulfatados, como a laminarina, a fucana e a ulvana;
- Concentrados e hidrolisados proteicos, e peptídeos bioativos⁵⁵;
- Enriquecimento com ácidos gordos polinsaturados (ω -3), através de emprego das macroalgas em ração animal;
- Suplementação com vitaminas (A, B₁₂ e C), seus precursores (betacaroteno) e minerais (Ca, Mg, K, I, etc.);
- Fonte de pigmentos naturais – carotenoides, como a astaxantina, a luteína e a fucoxantina, ficobiliproteínas, como a ficoeritrobilina e a ficocianobilina, além das clorofilas;
- Fonte de fibras dietéticas solúveis e insolúveis;
- Fonte de substâncias edulcorantes dietéticas (manitol) e sais hipossódicos de algas (*Saccharina japonica*).

Muitas dessas aplicações para a indústria ainda encontram-se em fase experimental, e a legislação em vigor na União Europeia, em especial no que concerne aos alimentos funcionais, figura como uma barreira à sua implementação.

Uma sondagem recente da base de dados XTC⁵⁶, dedicada à indexação de produtos alimentícios inovadores que são postos no mercado, reportou diversos novos produtos contendo macroalgas, lançados em 2015 e 2016. Figuraram na lista itens como: "crips" de algas marinhas⁵⁷, mistura láctea em pó enriquecida com algas (*Fucus* sp., *Ascophyllum* sp., *Laminaria* sp.)⁵⁸, biscoitos com algas marinhas⁵⁹, puré de batata instantâneo com alga "dulce" (*Palmaria palmata*)⁶⁰, "tagliatelle" com alga esparguete-do-mar (*Himanthalia elongata*)⁶¹, tártaro de algas (*Ulva* sp., *P. palmata*, *H.*

⁵⁵ Peptídeos bioativos contêm, usualmente, de 3 a 20 resíduos de aminoácidos, sendo sua atividade baseada na composição e sequência desses aminoácidos. Em muitos casos, eles estão relacionados com algumas funções biológicas. Até a presente data, numerosos estudos conduzidos reportaram um potencial antioxidante nos hidrolisados proteicos feitos a partir de macroalgas (Freitas *et al.*, 2015).

⁵⁶ **XTC Database**. Disponível em: <http://www.xtcworldinnovation.com/> (Acessado em: 01/06/2017)

⁵⁷ **Annie Chun's (EUA)**. Disponível em: <https://anniechun.com/products/> (Acessado em: 01/06/2017)

⁵⁸ **Spécialités SUPPLEX (França)**. Disponível em: <http://supplex.fr/gamme-bio/43-supplex-caio-bio.html> (Acessado em: 01/06/2017)

⁵⁹ **Bio-Darma (Espanha)**. Disponível em: <http://www.bio-darma.com/en/cookies-with-seaweed/> (Acessado em: 01/06/2017)

⁶⁰ **Supersec (França)**. Disponível em: <https://supersec.com/en/products/seaweed/sp/algapurare/> (Acessado em: 01/06/2017)

⁶¹ **Seamore (Holanda)**. Disponível em: <https://seamorefood.com/iseapasta/> (Acessado em: 01/06/2017)

elongata) e salada de "wakame" (*Undaria pinnatifida*) (Rioux, Beaulieu and Turgeon, 2017).

Porém, em 2014, cerca de 40% da colheita mundial foi representada pelas algas empregadas comumente na culinária japonesa, o que mostra que a indústria investe sobretudo em formulações com as espécies já difundidas em alimentação (Rioux, Beaulieu and Turgeon, 2017). Infelizmente, ainda existe um grande hiato entre o que vem sendo desenvolvido ao nível de pesquisa e o que, de facto, se transforma em novos produtos alimentares.

A única empresa portuguesa a trabalhar com aquicultura de macroalgas, a Alga+ possui, para além das algas secas e frescas, uma linha de flor de sal com algas sob a marca "Tok de Mar". A marca "Sea Originals", da mesma empresa, é voltada para produtos de talassoterapia.

Na Espanha, destacam-se as empresas Algamar⁶² e Porto Muiños⁶³, ambas na Galícia, possuem uma gama mais alargada de produtos, tais como: infusões; condimentos (sal e misturas); "dry mix" para salada ou sopa; mistura de algas com arroz ou quinoa, massas alimentícias, crackers e biscoitos, patês, molhos e tártaros; conservas de algas, puras ou associadas com outros ingredientes marinhos.

Algumas microalgas, sobretudo a "spirulina" (*Arthrospira platensis* e *A. maxima*) e *Chlorella* sp. (Chlorophyta), vêm sendo largamente utilizadas para consumo humano e suplementação alimentar – particularmente pelo seu alto conteúdo de proteínas, ácidos gordos polinsaturados e vários minerais. Essas algas, de uma maneira geral, não possuem muito sabor ou textura, razão pela qual pode-se afirmar que as microalgas não são especialmente interessantes para propósitos culinários, exceto pela sua capacidade de colorir preparos. Por outro lado, as macroalgas são alimentos de grande potencial gastronómico, devido a seus atributos sensoriais únicos (Mouritsen, 2012a). É exatamente esse o assunto que será debatido na subsecção a seguir.

⁶² **Algamar** | **Produtos Biológicos & Outros**; Disponível em: <https://www.algamar.com/productos/ecologicas.php?id=6> (Acessado em: 01/06/2017).

⁶³ **Porto Muiños** | **Produtos**; Disponível em: http://www.portomuiños.com/productos_productos.php? (Acessado em: 01/06/2017).

3.1.4 Algas Marinhas na Alta Gastronomia⁶⁴

CONTEXTUALIZAÇÃO

A "Nouvelle Cuisine" (Nova Cozinha) foi um movimento de renovação culinária que aconteceu, na década de 60, em França. Ele pregava valores como a simplificação dos preparos, tempos mais curtos de cocção, o uso de ingredientes frescos e de boa qualidade, a importância da dietética e inovação nos cardápios. Ao mesmo tempo, representava uma ruptura com a "Grand Cuisine" (Grande Cozinha ou Cozinha Clássica), libertando os chefs das amarras do "Le Guide Culinaire" e permitindo que eles se expressassem através da sua "cozinha de autor" (Rambourg, 2013). No item apresentação de pratos, a cozinha francesa incorporou influências externas, sendo a estética minimalista japonesa a principal fonte de inspiração (Bona, 2007).

A "Fusion Cuisine" (Cozinha de Fusão) foi o movimento que sucedeu à "Nova Cozinha", tendo suas origens em dois lugares distintos: Adelaide, no ano de 1975, pelas mãos do chef malaio Cheong Liew; na Califórnia, cinco anos mais tarde, quando Ken Hom e Jeremiah Tower propõem a cozinha "East-meets-West" (Leste encontra o Oeste) em seu restaurante. Seu princípio norteador baseia-se no casamento de ingredientes e técnicas de diferentes tradições culinárias. Essa cozinha dificilmente teria se materializado, enquanto movimento, se não houvesse a globalização, com suas imigrações e intercâmbios de produtos (Hall *et al.*, 2003).

Esses acontecimentos são relevantes para a discussão, na medida em que, com a sucessão dos movimentos culinários, os chefs passaram a incorporar valores de outrora, mesmo que aparentemente houvesse uma ruptura com o passado. Dessa forma, tanto a "Nova Cozinha", como a "Cozinha de Fusão" vão propiciar a adoção de alguns padrões, referentes à dietética e ao uso de produtos orientais pelo ocidente, abrindo caminho para o consumo das algas.

⁶⁴ Para uma melhor compreensão da evolução da gastronomia, sobretudo, ao longo do último século, assim como das características dos seus movimentos, consulte o **Anexo 8.1** intitulado "**Uma Breve História da Alta Cozinha**".

Paralelamente, regimes alimentares como o macrobiótico e o vegetariano, que incorporam as algas marinhas ao seu receituário, vão se disseminar cada vez mais pela cultura do ocidente (Erhard, 1974).

Nesse contexto evolutivo, surge a "New Nordic Kitchen" (Nova Cozinha Nórdica), que representa, simultaneamente, um distanciamento dos excessos da "Cozinha Molecular" e uma atualização dos mandamentos da "Nova Cozinha", em consonância com princípios como o uso de ingredientes locais, processados de maneira ética e sustentável. Na prática, a "Nova Cozinha Nórdica" caracteriza-se, dentre outras coisas, pela tentativa de reduzir as proteínas de origem animal e buscar fontes alternativas de alimento baseadas em extrativismo consciente e aquicultura (Mithril et al. 2012), isto é, mais uma vez as conjunturas do cenário gastronómico tornam o terreno fértil para o uso das algas na alimentação.

CARACTERIZAÇÃO

As macroalgas marinhas são únicas, acrescentando cor, textura e sabor diferenciados à comida (**Figura 3.7**), características que as tornam candidatas para uso em inovações culinárias.

Algumas vantagens que podemos listar sobre a aplicação de algas em cozinha são (Rioux, Beaulieu and Turgeon, 2017):

- Os pigmentos permitem colorir pratos e sobremesas sem precisar recorrer aos corantes sintéticos, além de algumas substâncias, como as ficobiliproteínas, serem dotadas de propriedades de fluorescência.
- Alguns dos ficocolóides (alginato, agar e carragenanas), presentes em estado bruto, permitem espessar pratos e obter de novas texturas em formulações alimentares.
- O ácido glutâmico e os nucleotídeos sinérgicos presentes nas algas promovem o gosto umami e ressaltam o sabor dos alimentos, permitindo reduzir o sal, os açúcares e as gorduras nas formulações.
- Por serem ricas em substâncias voláteis, extremamente sensíveis às condições de armazenamento e processamento, as algas permitem produzir aromas específicos, consoante o tipo de preparação almejada.



Figura 3.7 Hana Tsunomata™ (*Chondrus crispus*) | Aka, Midori & Kiku

[Crédito: Acadian Seaplants]

Até o presente momento, apenas uma pequena parcela de aplicações permitiu explorar esses atributos plenamente e, portanto, a colaboração entre chefs criativos e cientistas pode ensinar o aproveitamento de todo o potencial que as algas marinhas possuem, através do desenvolvimento de novos receituários (Mouritsen, 2012a).

CRIAÇÃO

Cada vez mais chefs têm usado algas na cozinha de autor como forma de incorporar, em seus pratos, o gosto umami e aromas marcantes de mar, peixe e mariscos (Tinellis, 2014). Muitos dos principais chefs de hoje estão fascinados com as macroalgas e o seu potencial enquanto vegetal marítimo, confeccionando novas e emocionantes criações gastronômicas⁶⁵. Nas página que se segue, temos um pequeno mosaico de alguns desses pratos.

⁶⁵ **DiarioSur: Algas a la carta**; Disponível em: http://www.diariosur.es/prensa/20060827/sociedad/algas-carta_20060827.html (Acessado em: 01/06/2017)

Com o tempo, o papel dos chefs deixou de ser meramente o de artesão, ganhando também importância enquanto formadores de opinião, tornando-se, com isso, grandes aliados na educação dos hábitos alimentares, contribuindo para a divulgação e a popularização das algas marinhas⁶⁶ (Fleurence, 2016). Caso haja um crescente interesse do público por esse alimento, mais empresas envidarão esforços para desenvolver novos produtos, assim como as grandes superfícies passarão a oferecer um maior leque de opções. Por conseguinte, mais pessoas farão uso de algas em alimentação. É este o círculo virtuoso de ações que precisa ser incentivado.

⁶⁶ Na Austrália, um grupo de chefs se juntou para escrever um livro sobre ficogastronomia, intitulado "Coastal Chef: The culinary art of seaweed & algae in the 21st century" (Tinellis, 2014).

	
<p>elBulli 2005 Nº 1148 Mexilhões de rocha com algas e ervas frescas</p>	<p>elBulli 2006 Nº 1293 O mar</p>
	
<p>elBulli 2006 Nº 1296 Pés de galinha com alface-do-mar e ar de chá (<i>Ulva</i> sp. , Chlorophyta)</p>	<p>elBulli 2006 Nº 1278 Sopa de pão com erva-malagueta e minigemmas esféricas-I (<i>Osmundea pinnatifida</i>, Rhodophyta)</p>

Figura 3.8 elBulli | Pratos com Algas Marinhas [1ª Parte]

[Crédito: elBulli, Catálogo General

(<http://www.elbulli.com/catalogo/catalogo/index.php?lang=es>)]

	
<p>elBulli 2006</p> <p>Nº 1291 Esféricos-I de codorniz em escabeche com ostra e musgos (<i>Chodracanthus teedei</i> – anteriormente denominada <i>Gigartina teedii</i>, Rhodophyta)</p>	<p>elBulli 2007</p> <p>Nº 1383 "Won-ton" de cogumelos de São Jorge com chorão-do-mar (<i>Codium tomentosum</i>, Chlorophyta)</p>
	
<p>elBulli 2008</p> <p>Nº 1517 Risoto de pevides de girassol com esparguete-da-costa e melancia (<i>Nemalion elminthoides</i>, Rhodophyta)</p>	<p>elBulli 2009</p> <p>Nº 1616 Champignon-CRU com avelã, groselha picante e alga frosque (<i>Bifurcaria bifurcata</i>, Phaeophyceae)</p>

Figura 3.9 elBulli | Pratos com Algas Marinhas [2ª Parte]

[Crédito: elBulli, Catálogo General

(<http://www.elbulli.com/catalogo/catalogo/index.php?lang=es>)]


	
<p>Noma Ruibarbo fatiado cozido com "kelp" e óleo de rosas</p>	<p>Noma Ervilhas doces, leite talhado e "kelp" fatiada</p>
	
<p>Noma Abóbora cozida com "kelp" e servida com flores de cerejeira</p>	<p>Noma Frutos silvestres e alga</p>

Figura 3.10 Noma | Pratos com Algas Marinhas

[Crédito: Rene Redzepi @ Instagram (<https://www.instagram.com/reneredzepinoma/>)]

	
<p>Quique Dacosta Ouriços ao natural</p>	<p>Quique Dacosta Arroz, anchovas salgas e algas frescas</p>
	
<p>Joan Roca Salada de anémona, ligueirão, pepino do mar e escabeche de algas</p>	<p>Alex Atala Maçã do coco com nabo, rabanete e chorão-do-mar</p>

Figura 3.11 Chefs Célebres | Pratos com Algas Marinhas

[Crédito: Quique Dacosta @ Instagram (<https://www.instagram.com/qiqedacosta/>);
New York Times; Caderno Paladar]

3.2 O que são FICOCOLÓIDES?

Hidrocolóides são sistemas coloidais, onde, na fase dispersa, temos substâncias hidrofílicas (polissacarídeos, proteínas, etc.) capazes de formar polímeros e, na fase contínua, temos água. Geralmente, são usados como aditivos alimentares com função de melhorar a qualidade dos produtos (textura, composição, vida útil, etc.). Possuem uma grande variedade de aplicações na indústria alimentar, tais como: espessantes, gelificantes, estabilizantes, etc. (Li and Nie, 2016).

Os ficocolóides são hidrocolóides extraídos de algas vermelhas ou castanhas, podendo ser polissacarídeos do tipo agar, alginato ou carragenana. Para a sua extração, recorre-se, basicamente, à cocção da matéria-prima em meio aquoso. A concentração dessas substâncias dá-se por processos como o congelamento ou prensagem (agar), precipitação com ácido ou sais de cálcio (alginato) e precipitação em meio alcoólico (carragenanas), com posterior desidratação (Mouritsen, 2013; Pereira and Correia, 2015).

3.2.1 Agar

A palavra "agar" vem de "agar-agar", o nome malaio para a gelatina de algumas algas vermelhas (sobretudo a *Eucheuma muricatum*, Rhodophyta) das quais ele é produzido. Essa substância é também conhecida por "kanten"⁶⁷ no Japão, país onde se desenvolveram as primeiras técnicas de extração, provavelmente, em 1658 dC, pelas mãos de Tarazaemon Minoya. No Japão e na China, uma boa parte das indústrias ainda conta, com as temperaturas negativas, para levar a cabo o processo de congelamento e descongelamento utilizado na produção de agar. Introduzido no Ocidente pelos portugueses e holandeses das Índias Orientais, ele foi o primeiro polissacarídeo de algas usado como aditivo alimentar (FAO, 1990).

O agar é um ficocolóide extraído de diversas algas vermelhas das ordens das Gelidiales (géneros *Gelidium* spp. e *Pterocladia* spp., Rhodophyta), Gracilariales (género *Gracilaria* spp.) e Gigartinales (género *Ahnfeltia* spp, Rhodophyta.). Essas algas são, por vezes, também denominadas agarófitas. Ele possui textura quebradiça e aparência

⁶⁷ Cuja tradução literal do japonês é "tempo frio".

menos transparente, comparativamente aos demais ficocolóides, além de apresentar alto grau de sinérese. É composto de uma mistura não homogênea de duas substâncias, quais sejam, a agarose (**Figura 3.12**) e a agarpectina. Assim como nos amidos, onde temos a amilose e a amilopectina, a agarose é uma molécula linear com poder gelificante; já a agarpectina é uma molécula ramificada com poder apenas de espessamento, sendo a fração não gelificante da substância. As concentrações de agarose e agarpectina influenciam diretamente nas características reológicas gel, variando de acordo com a espécie utilizada e as técnicas empregadas para sua extração (Mouritsen, 2013; Pereira and Correia, 2015; Lee *et al.*, 2017). As estruturas químicas das moléculas de agarose e agarpectina são (Phillips and Williams, 2009):

- **Agarose:** polímero linear de D-galactopiranosose com uma ligação β (1 \rightarrow 4) a 3,6-anidro-L-galactopiranosose que, por sua vez está ligada na forma α (1 \rightarrow 3) ao próximo resíduo de D-galactopiranosose. Consoante a alga, as unidades que se repetem podem ser diferentes.
- **Agarpectina:** molécula mais ramificada, constituída de uma mistura heterogênea de moléculas, possuindo menor peso molecular e grupos sulfatados (5 a 8%). É a fração minoritária do agar.

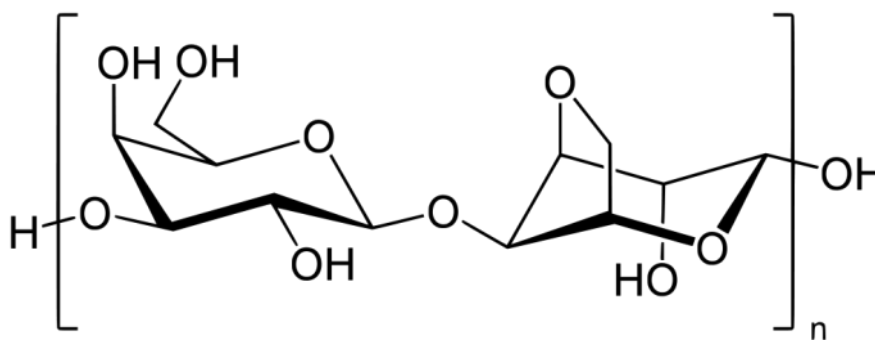


Figura 3.12 Estrutura Molecular da Agarose

[Crédito: Wikimedia (<https://commons.wikimedia.org/>)]

As temperaturas de gelificação⁶⁸ oscilam entre 32° C e 43 °C, dependendo da fonte de matéria prima. Diferentemente dos géis elaborados com gelatina animal

⁶⁸ Agares com menor ponto de gelificação são normalmente utilizados em aplicações com biotecnologia (FAO, 1990).

(colagénio) que se fundem em torno dos 37 °C, os géis de agar não se liquefazem ao serem aquecidos até aos 85 °C ou mais. Em termos de aplicações culinárias isso significa que não é necessário manter os produtos sob refrigeração em locais de clima quente, desconsiderando, é claro, as questões relacionadas à segurança alimentar. O ponto de fusão do agar torna-o elegível para uma série de aplicações, como será discutido na **Secção 3.3**. Contudo, essa propriedade faz com ele não se dissolva na boca. (McHugh, 2003).

O agar pode sofrer hidrólise em meio ácido ($\text{pH} < 5$), sobretudo quando aquecido, encurtando o tamanho das moléculas do polímero e fazendo com que ele perca parte do poder gelificante. Se for necessário fazer um gel de agar em meio ácido, deve-se dissolver o ficocolóide em uma matriz não ácida (por exemplo, água), adicionando-se o ingrediente ácido depois, de preferência, a uma temperatura mais baixa (Phillips and Williams, 2009).

3.2.2 Alginatos

O alginato foi descoberto em 1881 pelo químico inglês Edward Stanford, que obteve uma mucilagem viscosa da alga *Laminaria digitata* (anteriormente denominada *Laminaria stenophylla*) através de extração alcalina. Ele nomeou o produto resultante da extração de "algin", numa referência à palavra "alga"⁶⁹, acrescida do sufixo "-in", que possui acepção de "interioridade"⁷⁰, significando "aquilo que está dentro da alga". Mais tarde, também descobriu que se um mineral ácido fosse adicionado à solução, uma substância gelatinosa precipitava. Ele identificou essa substância como sendo um novo ácido, nomeando-o "ácido algínico". A partir daí, Stanford passou a investigar extensivamente as propriedades e os possíveis usos para o novo produto.

A palavra "alginato" é usada até os dias atuais de maneira bastante genérica, algumas vezes referindo-se, especificamente, ao alginato de sódio, em outros casos, servindo como sinónimo para todos os compostos algínicos – ácido, sais solúveis e

⁶⁹ " algin-" in **Oxford Living Dictionaries: English** [online]. Disponível em: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/algin> (Acessado em: 20/03/2017).

⁷⁰ "in-" in **Dicionário infopédia da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico** [em linha]. Porto: Porto Editora, 2003-2017. Disponível em: <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/in-> (Acessado em: 20/03/2017).

insolúveis, além de derivados, como é o caso do alginato de propilenoglicol (PGA) (FAO, 1990).

O conteúdo e as propriedades físicas dos alginatos nas algas castanhas variam de acordo com as espécies, estações e a idade. Os alginatos são polímeros lineares, compostos por duas unidades monoméricas: ácidos " β -D-Manurónico" (M) e " α -L-Gulurónico" (G) (**Figura 3.13**). Essas unidades, que constituem o polímero, encontram-se sequenciadas em blocos (MM ou GG) ou alternadas (MG ou GM), unidas por ligações glicosídicas β (1 \rightarrow 4) para os blocos M e α (1 \rightarrow 4) para os blocos G⁷¹ (Phillips and Williams, 2009).

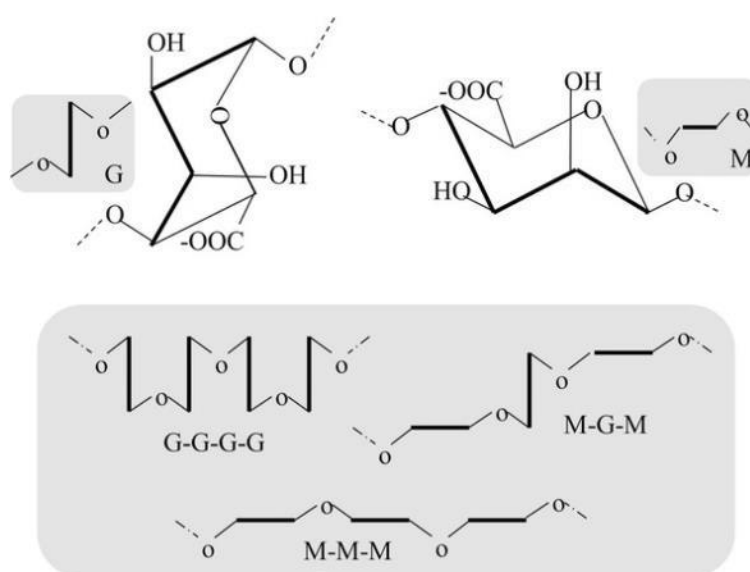


Figura 3.13 Monómeros α -L-Gulurónico (G) e β -D-Manurónico (M) do Alginato

[Crédito: Corona-Hernandez et al. (2013)]

O gel formado, por esse hidrocolóide, constitui-se de uma rede tridimensional de longas cadeias de alginato, combinadas entre si em zonas de junção, formadas pelos blocos G das moléculas e os íões de cálcio, numa configuração denominada "caixa de ovo" (**Figura 3.14**). Dessa forma, quanto maior o comprimento dos blocos G, mais forte será o gel de alginato (Phillips and Williams, 2009).

⁷¹ E ainda: ligações glicosídicas β (1 \rightarrow 4) para os blocos MG e α (1 \rightarrow 4) para os blocos GM.

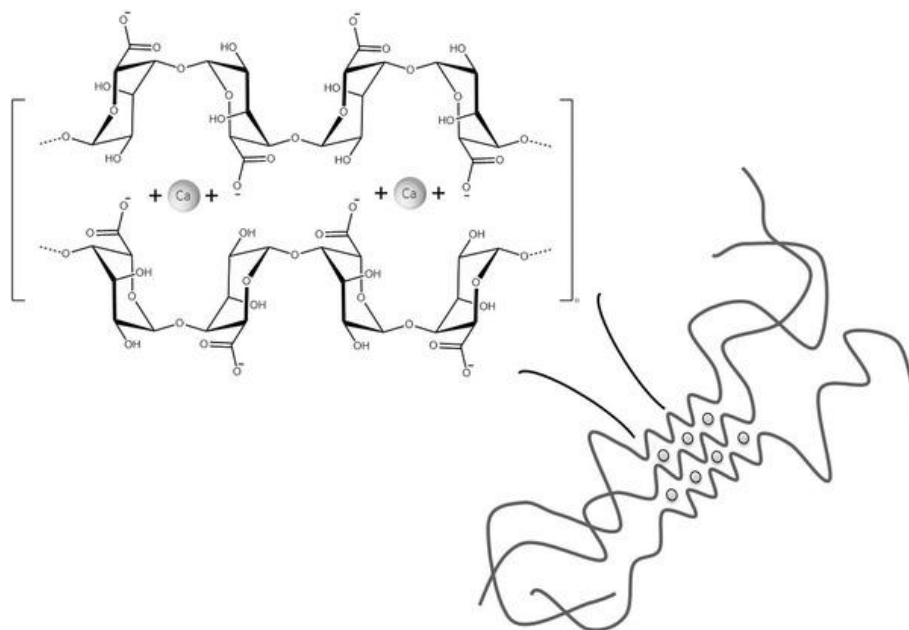
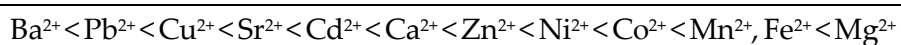


Figura 3.14 Reação de Gelificação tipo "Caixa de Ovo" do Alginato

[Crédito: Corona-Hernandez et al. (2013)]

A razão M/G, assim como o comprimento da cada cadeia, dependem da espécie e da parte da qual se extrai o alginato. Cada molécula possui, em média, cerca de 500 unidades monoméricas. A alga *Laminaria hyperborea* (Phaeophyceae) é a fonte mais abundante de alginato, sendo rica em ácido gulurónico (McHugh, 2003).

Eles reagem com o iões cálcio dos alimentos formando géis termoirreversíveis; Também podem reagir com outros iões como magnésio (Mg^{2+}) e bário (Ba^{2+}). A concentração de catiões divalentes requerida para formação do gel aumenta na seguinte ordem (Phillips and Williams, 2009):



As características do gel de alginato dependem: da composição e concentração do alginato, da acidez do líquido a gelificar ($pH < 4$ inibe gelificação), dos iões presentes, da presença de agente quelante, de outros compostos presentes, tais como proteínas e outros polissacarídeos, e da presença de álcool (no máximo 50%, de modo a não causar precipitação) (Phillips and Williams, 2009).

3.2.3 Carragenanas

A palavra "carragen" (-ana) tem suas raízes na palavra gaélica "carraigeen" que significa "musgo das rochas" ("moss of the rocks"). Extraídas inicialmente da alga "musgo irlandês" – *Chondrus crispus*, fonte de carragenanas dos tipos "kappa" e "lambda"– elas vêm sendo empregadas em cozinha há 600 anos ou mais (Bitton and Lustigman, 2016). Na China, as carragenanas também vêm sendo utilizadas há séculos, em particular, para gelificar ensopados e líquidos aromáticos (Mcgee, 2004).

A "carragenina" é extremamente instável e difícil de se obter, ligando-se facilmente a um ou mais cátions. Dessa maneira, o que temos normalmente são sais de carrageninas, denominados "carragenanas". Já os "carragenatos" são os sais cristalizáveis, porém, as carrageninas nunca cristalizam, sendo equivocado o uso dessa nomenclatura (Pereira and Correia, 2015).

As carragenanas são extraídas de diversos gêneros de algas marinhas vermelhas da ordem Gigartinales, como, por exemplo, dos gêneros *Chondrus* spp., *Eucheuma* spp., *Gigartina* spp. e *Iridaea* spp. (Rhodophyta). O teor e a qualidade se alteram consoante as espécies, estações do ano, localidade e maturidade. Durante o crescimento das algas carragenófitas, as cadeias são mais curtas. No inverno, as algas interrompem o crescimento, e essas cadeias se polimerizam. Diferentes algas dão origem a diferentes tipos de carragenanas, cada uma delas com uma vasta gama de propriedades reológicas, conforme veremos a seguir (Pereira and Correia, 2015).

As carragenanas são constituídas de moléculas de D-Galactose, unidas, alternadamente, por ligações glicosídicas $\alpha(1 \rightarrow 3)$ e $\beta(1 \rightarrow 4)$ (**Figura 3.15**). As características dos vários tipos de carragenanas resultam da presença e da quantidade dos fragmentos de 3,6-anidro-D-galactose e dos grupos sulfatados (Phillips and Williams, 2009). Essas substâncias são apresentadas em pó e, quando possuem grau de pureza superior, são praticamente insípidas e inodoras. Por esse motivo, elas formam, na maioria das vezes, géis translúcidos, não aportando sabor ao preparo (Mouritsen, 2013). Os tipos de carragenanas mais utilizados em alimentação são (Phillips and Williams, 2009):

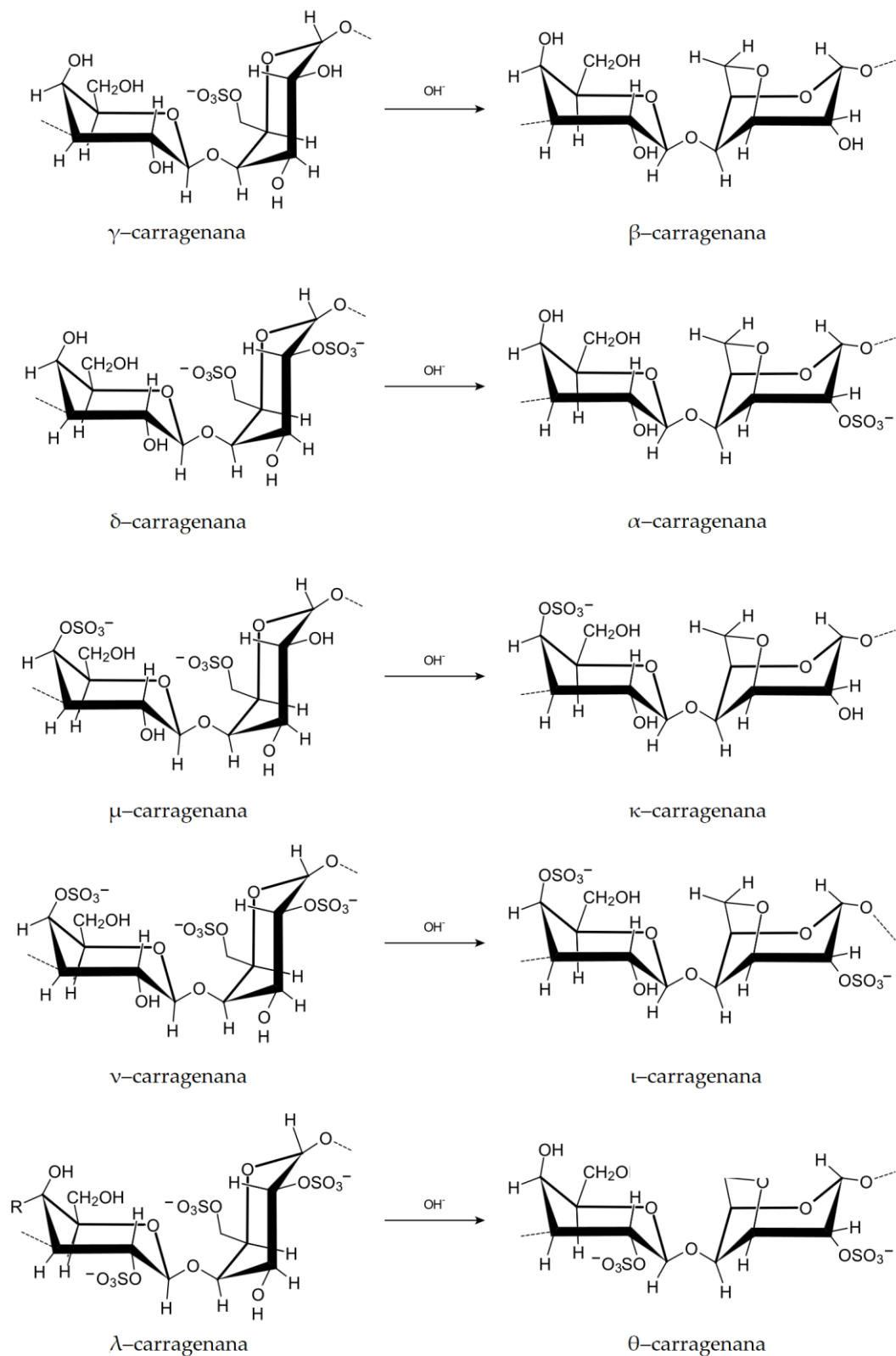


Figura 3.15 Estrutura Molecular de Diferentes Tipos de Carragenanas

[Adaptado de: Wikimedia (<https://commons.wikimedia.org/>)]

- A carragenana "iota" (ι): forma géis brandos, elásticos, límpidos e com baixo grau de sinérese, sendo os mesmos bastante estáveis, resistentes ao congelamento e com propriedades regeneradoras, isto é, quando fragmentados os géis voltam a fundir-se sem a necessidade de aquecimento (comportamento tixotrópico).
- A carragenana "kappa" (κ): forma géis fortes, quebradiços, ligeiramente opacos e com alto grau de sinérese; este ficocolóide interage com algumas proteínas, em especial, as do leite.
- A carragenana "lambda" (λ): atua como espessante e emulsificante, quando associada com proteínas; a quantidade de grupos sulfatados vai definir o seu poder espessante.

As carragenanas "kappa" possuem sinergia com outros polissacarídeos, tais como a goma alfarroba ou "konjac", formando géis resistentes, elásticos e com diferentes temperaturas de fusão. Além disso, a carragenana "iota" forma géis mais fortes em conjunto com amidos, e a goma xantana aumenta a viscosidade da carragenana "lambda" (Myhrvold, Young and Bilet, 2011). Iões de sais podem afetar a dureza do gel, sendo importante levar em consideração a natureza dos ingredientes que serão trabalhados. É preciso, por exemplo, dobrar a dosagem das carragenanas "kappa" e "iota", para obtenção de um gel com as mesmas propriedades, caso se opte por trabalhar com alimentos com baixo teor de cálcio ao invés de laticínios. Também reagem com as proteínas dos alimentos, prevenindo a sinérese e mantendo as partículas sólidas em suspensão (Phillips and Williams, 2009).

A firmeza, elasticidade, temperatura de solidificação (de 40 °C a 70 °C) e fusão (entre 5 °C a 20 °C acima da temperatura de solidificação) dos géis com carragenanas dependem da concentração de iões Ca^{2+} e K^+ . No caso da carragenana "iota", a adição de cálcio vai induzir à formação de um gel mais elástico, enquanto, no caso da carragenana "kappa", esse sal vai dar origem a géis mais duros e quebradiços. Os sais de potássio afetam, ainda, os géis de carragenana "kappa", tornando-os mais elásticos, transparentes e coesos. A possibilidade de adição de iões de potássio é limitada (de 0,1 a 0,2%), por causa do gosto amargo que o cloreto de potássio confere aos preparos. Sal e açúcares também vão interferir, devendo ser levados em consideração ao desenvolver novos produtos (Pereira, 2002; Phillips and Williams, 2009).

Estudos apontaram evidências no sentido de que as carragenanas, de baixo peso molecular, possam causar lesões no sistema digestivo, e até mesmo cancro.

Porém, as carragenanas aplicadas em alimentação possuem alto peso molecular e, caso sejam apropriadamente manipuladas, não oferecem risco à saúde. Para evitar a degradação desses compostos, deve-se evitar aquecê-las em meio ácido ($\text{pH} < 3,5$) e, assim como no caso do agar, pode-se adicionar o ingrediente ácido, a posteriori, quando a solução já estiver arrefecida. Além disso, uma vez formado o gel é pouco provável que haja degradação das moléculas de carragenana, mesmo quando sujeitas a temperaturas mais altas (Pereira, 2002; Imeson, 2009).

3.3 Aplicações com Ficocolóides

3.3.1 Ficocolóides na Alimentação

À exceção do alginato, que foi descoberto por um cientista, os demais hidrocolóides comumente empregados em alimentação, como visto anteriormente, são produtos usados em algumas cozinhas há muitos séculos.

No Extremo Oriente, em especial no Japão, desenvolveu-se uma série de aplicações com o "kanten" (agar), principalmente nas preparações doces (**Figura 3.16A**), saladas, sopas e massas alimentícias sem farinha, como é o caso do prato japonês chamado "tokoroten" (**Figura 3.16, C e D**). Na Europa, os irlandeses aprenderam a usar as carragenanas extraídas das algas *Chondrus crispus* para confecção de um manjar à base de leite ("irish moss pudding" – veja a **Figura 3.16B**) e uma bebida medicinal (Mcgee, 2004). Até há pouco tempo, no contexto da restauração, quase não se empregava esses ingredientes de maneira direta, contudo, na indústria, a história é bastante diferente, conforme veremos a seguir.

	
<p>A. Anmitsu</p> <p>Cubos de "kanten" e frutas são servidos com compota de feijão ("anko") e uma espécie de melaço ("mitsu").</p>	<p>B. Irish Moss Pudding</p> <p>Para o preparo do manjar, o "musgo irlandês" é fervido em leite com açúcar, casca de limão e especiarias.</p>
	
<p>C. Preparo do Tokoroten</p> <p>Para se fazer o prato, o bloco de "kanten" é extrudado usando uma prensa.</p>	<p>D. Tokoroten</p> <p>Os fios de "kanten" são temperados com molho de soja, vinagre de arroz e condimentos a gosto ("aonori").</p>

Figura 3.16 Ficolóides nas Cozinhas Regionais

[Créditos: Setouchi Finder; Alamy; Yayoi; Jet & Indigo]

3.3.2 Ficocolóides na Indústria Alimentar

Apesar dos hidrocolóides serem empregados na indústria há algum tempo, ganham força quando há o "mal da vaca louca" (BSE, encefalopatia espongiforme bovina) em razão da necessidade de muitas empresas em substituir o colagénio em formulações alimentares, como forma de tranquilizar o mercado consumidor (Pereira, 2002). Além disso, após a segunda Guerra Mundial, o movimento vegetariano começou a se consolidar no ocidente, espalhando-se por cerca de duas décadas adiante (Erhard, 1974). Hoje em dia, estima-se que haja cerca de 375 milhões de vegetarianos no mundo, sendo que, na Europa, aproximadamente 10% da população segue esse tipo de dieta alimentar (Figus, 2015). Esses dados não englobam os "vegetarianos de meio-expediente"⁷², um outro movimento que cresce a cada dia, conforme apontam alguns "rankings" de tendências em alimentação⁷³. Por tal razão, a indústria alimentar não pode ignorar esse público considerável e os ficocolóides passaram a figurar como fortes candidatos para formulações isentas de alimentos de origem animal.

A tecnologia alimentar se aperfeiçoou nas últimas décadas e, atualmente, há hidrocolóides, e combinações destes, capazes de suceder à gelatina animal, sem que se possa perceber grandes diferenças em termos de textura, como é o caso da combinação de carragenana "kappa" com goma de alfarroba (Imeson, 2009). Neste caso, a grande desvantagem dos ficocolóides, em relação à gelatina, é que eles não são capazes de fundir à temperatura corporal, sendo menos eficazes na libertação de aromas e textura na boca (mouthfeel). Todavia, os ficocolóides apresentam algumas vantagens em relação à gelatina, que são: rapidez na gelificação e maturação do gel; melhor resistência ao calor, possuindo temperaturas de fusão acima dos 80 °C ou, em alguns casos, formando géis termoirreversíveis; a menor suscetibilidade à ação enzimática dos alimentos como, por exemplo, pela ação de proteases. Além de tais atributos, são muito mais amigos do meio-ambiente pelo facto de serem extraídos de algas ao invés de proteína animal.

⁷² Tradução da expressão inglesa "part-time vegetarians".

⁷³ Kalsec®: Top Food Trend Predictions for 2017. Disponível em: <https://www.kalsec.com/food-trends-2017/> (Acessado em: 01/06/2017)

Os ficolóides possuem diversos usos na indústria alimentar e na restauração, onde são empregados para alterar algumas propriedades reológicas⁷⁴ das formulação, ou seja, atuam como espessantes, gelificantes, estabilizantes, cola alimentar, possuem efeito suspensor, etc. Abaixo, segue um tabela que sintetiza as funções desses aditivos na indústria, além de listas com algumas das possíveis aplicações para cada hidrocolóide (Phillips and Williams, 2009):

Tabela 3.1 Lista de Ficolóides e sua Classificação.

NÚMERO	ADITIVO ALIMENTAR	CLASSIFICAÇÃO
E400	Ácido Algínico	Espessante, estabilizador, gelificante e emulsificador.
E401	Alginato de Sódio	Espessante, estabilizador, gelificante e emulsificador.
E402	Alginato de Potássio	Espessante, estabilizador, gelificante e emulsificador.
E403	Alginato de Amónio	Espessante, estabilizador e emulsificador.
E404	Alginato de Cálcio	Espessante, estabilizador, gelificante e emulsificador.
E405	Alginato de Propilenoglicol	Espessante, estabilizador e emulsificador.
E406	Agar-agar	Espessante, estabilizador e gelificante.
E407	Carragenanas (ι , κ e λ)	Espessante, estabilizador, gelificante e emulsificador.

AGAR

- Sobremesas gelificadas: devido às propriedades de histerese;
- Compotas, geleias, gelatinas e gomas: permite trabalhar com ingredientes ácidos e substituir o colagénio;

⁷⁴ Reologia: campo da física que estuda a deformação dos sólidos e o escoamento dos líquidos.

- Coberturas para pastelaria e confeitaria: evita o ressecamento;
- Sobremesas à base de laticínios: permite criar sobremesas em camadas, não interagindo com as proteínas dos alimentos;
- Alimentos saudáveis: sensação de saciedade, redução de açúcares e efeito prebiótico.



Figura 3.17 Exemplos de Aplicações com Agar na Indústria

ALGINATOS

- Alimentos reestruturados: gelificação a frio, estabilidade ao congelamento/descongelamento e à cocção;
- Cremes e recheios de frutas para panificação e confeitaria: previne vazamento, transferência de humidade e possui efeito sinérgico com as pectinas de alta metoxilação (HM);
- Sobremesas gelificadas e mousses: permite criar produtos que gelificam instantaneamente ao serem misturados com água;
- Laticínios em geral: atua como espessante e estabilizador.

	
<p>Azeitonas Verdes Recheadas com Pasta de Pimento (reestruturado)</p>	<p>Anéis de Cebola (alimento reestruturado)</p>

Figura 3.18 Exemplos de Aplicações com Alginato na Indústria

CARRAGENANA

- Sobremesas gelificadas: permite substituir a gelatina animal sem perda de qualidade;
- Laticínios e produtos proteicos: além de reagirem com o cálcio desses alimentos (efeito gelificante), também interagem com as proteínas (efeito emulsificante);
- Produtos cárneos: reestrutura, ajuda a reter água e melhorar a textura;
- Molhos, vinagretes, bebidas de leite e de soja: a carragenana "iota" atua como estabilizante e agente suspensor;
- Produtos "light": melhora textura prejudicada pela ausência de gordura.

	
<p>Nata para Bater (espessante, estabilizante)</p>	<p>Bebida Láctea de Chocolate Light (efeito suspensor, melhorador da textura)</p>

Figura 3.19 Exemplos de Aplicações com Carragenanas na Indústria

3.3.3 Ficocolóides na Alta Gastronomia

Ferran Adrià, talvez o mais influente chef desde Escoffier, desenvolve uma cozinha particular no seu restaurante "elBulli", em Roses na Espanha. Decide refletir sobre o que seria criatividade em alta cozinha, buscando desenvolver um trabalho de cozinha autoral baseado em novos conceitos, elaborados a cada temporada, no laboratório de criações, "elBullitaller", e, em seguida, no próprio elBulli. Deu o nome de "busca tecno-conceitual" a esse trabalho de investigação e desenvolvimento de receituário (Adrià, Adrià and Soler, 2011).

Ao longo dos anos, introduz novos ingredientes, técnicas e equipamentos na cozinha de seu restaurante, subverte a estrutura dos menus, modifica radicalmente as texturas dos alimentos (**Figura 3.20**), cria pratos que estimulam os diversos sentidos, formula uma cozinha intelectual e artística. Para desenvolver esse trabalho, conta com a colaboração de uma equipa multidisciplinar que envolve "designers", engenheiros de alimentos, químicos, etc. Dessa forma, define as raízes da vanguarda espanhola, apelidada de "Cocina Tecnoemocional" (vide **Anexo 8.1**).



Figura 3.20 elBulli 1994, nº 247: Ensopado de Legumes em Texturas

[Crédito: Ferran Adrià]

O chef catalão utiliza, com grande frequência, alguns ficocolóides na criação dessas novas texturas. Esses ingredientes, antes empregados com mais frequência na

indústria alimentar, tornam-se correntes na criação de novos pratos, substituindo gelatinas de origem animal, farinhas e amidos (Mans and Castells, 2011). Sua abordagem criativa de cozinha vai influenciar toda uma geração de cozinheiros, abrindo precedentes para a incorporação dos aditivos alimentares em alta cozinha, conforme descreveremos a seguir.

AGAR

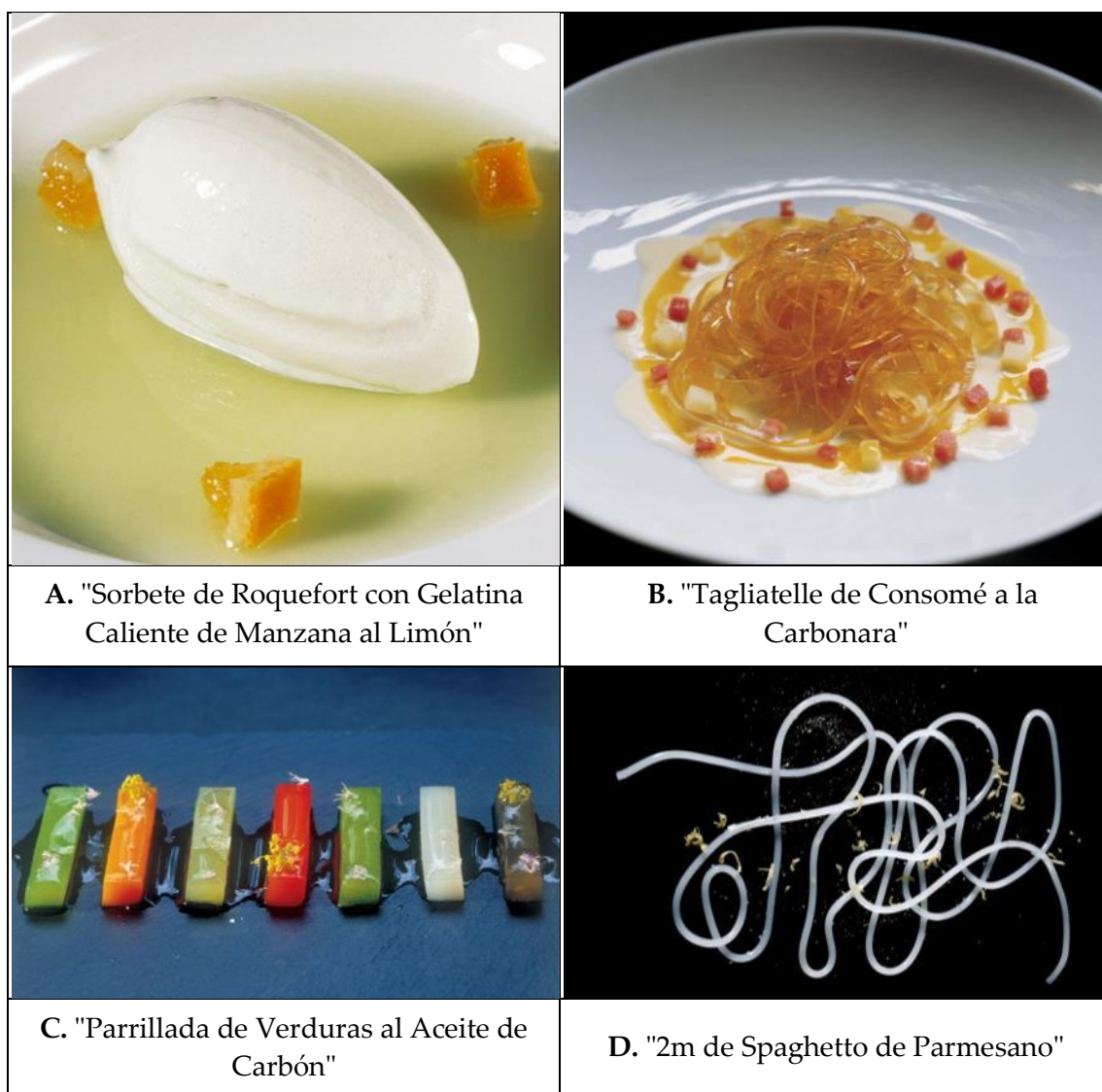


Figura 3.21 elBulli | Pratos à Base de Agar

[Crédito: Ferran Adrià]

Em 1998, o restaurante "elBulli" começou a empregar agar na confecção gelatinas quentes (Mans and Castells, 2011). Este foi o primeiro ficocolóide utilizado

por Adrià que lhe permitiu criar formas inusitadas, com líquidos e purés de diversos sabores, desenvolvendo receitas inovadoras.

Como exemplos de aplicação do agar na cozinha do elBulli, temos (Adrià, Soler and Adrià, 2004): "gelado de 'roquefort' com gelatina quente de maçã e limão" (1998, nº 499 – **Figura 3.21A**), "tagliatelle de consomé à 'carbonara'" (1999, nº 567 – **Figura 3.21B**), "churrasco de verduras ao azeite de carvão" (2001, nº 778 – **Figura 3.21C**). Em 2003, cria o prato icónico "2m de esparguete de parmesão" (2003, nº 920 – **Figura 3.21D**), que é feito com a adição de agar ao soro de queijo parmesão, gelificando a mistura dentro de uma mangueira para aquários, e usando um sifão para remover a gelatina do interior do molde (Adrià, Soler and Adrià, 2006). Somente para ilustrar a importância desse ingrediente no receituário de Ferran Adrià, uma pesquisa feita na base de dados do livro "elBulli - 1998-2002", registou o uso do termo "agar", no campo "ingredientes", em 95 receitas das 371 elaboradas nesse período.

ALGINATO

Em 2003, o "elBulli" revoluciona a cena gastronómica e desenvolve a técnica de "esferificação" que permite transformar líquidos em esferas, de diversos tamanhos, revestidas por uma película fina de gel de alginato, enquanto, o interior permanece líquido. A técnica baseia-se no mecanismo de gelificação instantâneo do alginato, pela interação com iões de cálcio (Mans and Castells, 2011). A forma esférica ocorre por causa da diferença entre as tensões superficiais dos líquidos (Ching, Bansal and Bhandari, 2017).

A técnica foi sendo aperfeiçoada ao longo dos anos, e diversos pratos foram desenvolvidos usando esse ficocolóide, tais como: "caviar esférico de melão" (2003, nº 873 – esferificação básica – **Figura 3.22A**), "azeitonas verdes esféricas-I" (2005, nº 1095 – esferificação inversa – **Figura 3.22B**), "cápsulas de azeite com ovas de anchova" (2006, nº 1246 – esferificação de óleos – **Figura 3.22C**), "sopa de letras" (2008, nº 1054 – encapsulamento moldável – **Figura 3.22D**) (Adrià, Soler and Adrià, 2006).

A esferificação básica ou direta, por difusão externa, é feita misturando-se o alginato de sódio (de 5 a 8 g/L) no líquido que se deseja encapsular (pH > 3,5). Caso seja preciso, corrige-se a acidez usando citrato de sódio. É desejável deixar a solução descansando para o alginato hidratar completamente, além de permitir a remoção das

bolhas de ar. Em seguida, prepara-se um banho de cálcio, misturando-se água e cloreto de cálcio (0,5 g/L), ou gluconolactato de cálcio⁷⁵ (5 g/L). O líquido com alginato é gotejado dentro da solução, formando pequenas esferas que fazem lembrar um caviar (Figura 3.22). Essa técnica permite, ainda, obter esferas de maior dimensão e, nesse caso, utilizam-se colheres doseadoras semi-esféricas. Deve-se deixar o gel de alginato reagindo dentro da solução de cálcio, consoante o tamanho das esferas, a espessura e a firmeza da película que se pretende obter (Adrià, Soler and Adrià, 2006).



Figura 3.22 elBulli | Pratos à Base de Alginato

[Crédito: Ferran Adrià]

A esferificação inversa ou indireta, por difusão externa, é feita misturando-se gluconolactato de cálcio (até 10 g/L), ou outro sal de cálcio de grau alimentício, no líquido que se deseja encapsular. Caso o alimento empregado seja rico em cálcio, não

⁷⁵ Que é uma mistura do sais, gluconato cálcio e lactato cálcio, muito empregado para suplementar o cálcio em formulações alimentares.

será preciso empregar nenhum aditivo. Prontamente, prepara-se um banho de alginato, misturando-se água e alginato de sódio (de 5 g/L). O líquido contendo cálcio é despejado dentro da solução, usando colheres doseadoras semi-esféricas, de modo a formar esferas de diversas dimensões, que fazem lembrar gemas de ovo (**Figura 3.23**) (Adrià, Soler and Adrià, 2006).

A técnica da esferificação básica possui um inconveniente, qual seja, o facto do cálcio continuar migrando para o interior das esferas, gelificando todo o alginato e deixando o interior sólido. Além disso, ela não permite trabalhar com líquidos muito ácidos ou ricos em cálcio, salvo se for feita a correção da acidez ou for adicionado um sequestrante. A técnica de esferificação inversa contorna os problemas anteriormente citados, permitindo realizar o trabalho com antecedência. No entanto, essa técnica não permite criar esferas de baixa dimensão, porque, caso elas toquem umas nas outras, a película de alginato se funde. É ainda aconselhável mantê-las em óleo vegetal durante a etapa de conservação, para evitar que isso ocorra (Myhrvold, Young and Bilet, 2011).

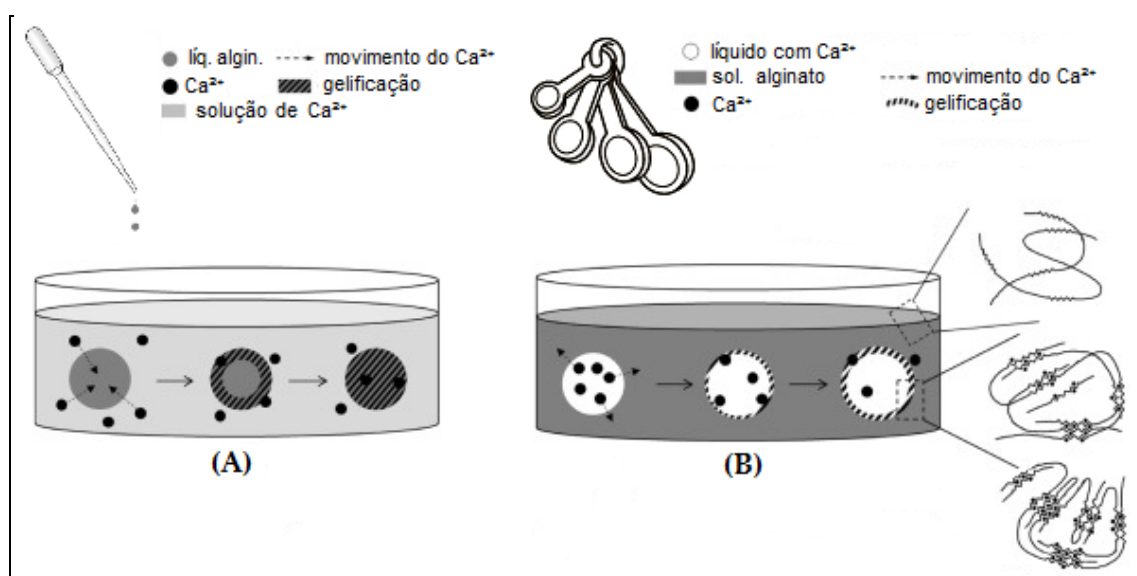


Figura 3.23 Técnica de Esferificação Básica (A) e Inversa (B)

[Adaptado de: Tsai et al. (2017)]

O sucesso do trabalho com alginato impulsionou Adrià a desenvolver métodos derivados e outras técnicas de encapsulamento, criando novas formas e texturas: esferas líquidas com sólidos no interior, esferificação de espumas de sifão, encapsulamento moldável, etc. Essa última técnica, denominada "esferificação-M", consiste em primeiro gelificar o líquido usando gelatina animal, e depois banhar a

forma na solução de cálcio aquecida, para fundir a gelatina e criar a película exterior. O mesmo procedimento pode ser feito, alternativamente, usando congelamento.

A parceria com uma empresa de equipamentos permitiu a adaptação de uma máquina laboratorial da indústria farmacêutica para confecção, pela técnica de esferificação direta, de caviars à base de óleos ou de líquidos que não solidificam no interior⁷⁶. Para tal, ao invés de seringa, utiliza-se um bico injetor duplo, acoplado a uma bomba pneumática, que fabrica as gotas do líquido que se quer encapsular com uma camada da solução de alginato no exterior (**Figura 3.24**) (Zhang, 2015).

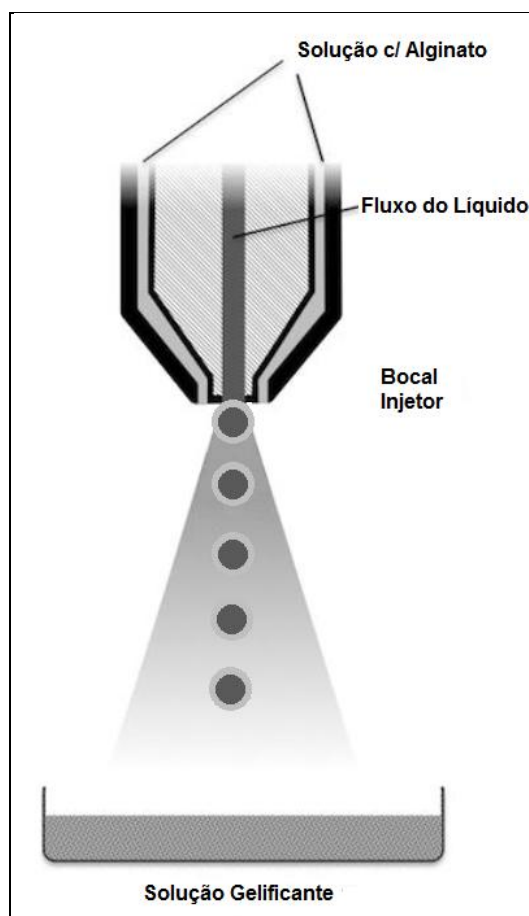


Figura 3.24 Esquema do Encapsulamento de Óleos

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

Adrià propõe também receitas com alginato usando gelificação por difusão interna, em pH ácido. Isso ocorre quando o hidrocolóide e o sal de cálcio, insolúvel em

⁷⁶ Olive Oil Spherification [Fundación ALICIA / December 2009]. Assista a um vídeo demonstrativo, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5pYZIsG6-5k> (Acessado em: 01/06/2017)

pH neutro, encontram-se incorporados na mesma mistura e, depois, adicionando-se depois um ácido, que vai ajudar na libertação do cálcio (solubilização) para formação do gel. Algumas das aplicações dessa técnica são: em recheios termoestáveis para pastelaria, em sobremesas lácteas instantâneas ou como estabilizante em espumas⁷⁷.

Encontra-se ainda disponível no mercado, um aditivo alimentar denominado "gelburguer" (comercializado pela marca espanhola Sosa)⁷⁸, que também se baseia no princípio da difusão interna, porém, em pH neutro. Nesse produto, o alginato vem misturado a um sal de cálcio (E516) que, por sua vez, está associado a um sequestrante (E450), permitindo a libertação gradual dos iões Ca^{2+} e fazendo com que a reação de gelificação seja mais lenta.

As grandes vantagens do uso do alginato são a gelificação a frio, que permite manter intactas as características organolépticas dos ingredientes, e a propriedade termoirreversível do gel; isto é, depois de formado, o gel não volta a se fundir, permitindo desenvolver produtos que podem ser assados, grelhados ou fritos sem alterar a textura.

CARRAGENANAS

No começo do ano de 2004, novos hidrocolóides aparecem na cozinha do elBulli, dentre eles, as carragenanas do tipo "kappa" e "iota". Entretanto, apenas um pequeno número de receitas incorpora esse ficocolóide, pelo menos, até o ano de 2005. Dentre os pratos que se destacam, estão: "míscaro en âmbar de seu caldo" (2004, nº 1001 – carragenana "kappa" – **Figura 3.25A**); "azeitonas verdes prensadas com funcho" (2004, nº 1032 – carragenana "iota" – **Figura 3.25B**) (Adrià, Soler and Adrià, 2006). Note-se que o chef optou por não utilizar as carragenanas em receitas com laticínios, ingredientes com as quais possuem grande afinidade e que integram a maior parte das aplicações com esses ficocolóides na indústria alimentar.

A obra de gastronomia que mais se destacou no uso das carragenanas, assim como de vários outros hidrocolóides, foi a monumental enciclopédia "Modernist

⁷⁷ Texturas Albert & Ferran Adrià | **Tabla de Dosificaciones**. Disponível em: <http://www.albertyferranadria.com/esp/texturas-sferificacion-dosificaciones.html> (Acessado em: 01/06/2017)

⁷⁸ Sosa | **Gelburguer**. Disponível em: <http://www.sosa.cat/textures.php?codi=58050031> (Acessado em: 01/06/2016)

Cuisine" (Cozinha Modernista). Nela, foi sugerido uma grande quantidade de preparos, inclusive, na adaptação de receitas famosas de outros chefs, tais como: "'panna cotta' com caviar beluga" de Thomas Keller (**Figura 3.25C**), "ovos estrelados", receita composta de um creme de coco e uma falsa gema de cenoura, de Wylie Dufresne (**Figura 3.25D**) (Myhrvold, Young and Bilet, 2011).



Figura 3.25 elBulli & Modernist Cuisine | Pratos à Base de Carragenanas

[Créditos: Ferran Adrià; Thomas Keller; Wylie Dufresne]

3.4 Algas Marinhas e Saúde

As macroalgas marinhas possuem quantidades relevantes de micronutrientes e macronutrientes de alta qualidade. Além de vitaminas do tipo A, B₁₂ e C, encontramos minerais tais como cálcio, magnésio, sódio, potássio e fósforo, em grandes quantidades e alguns oligoelementos como ferro, iodo, manganês e zinco – em geral em quantidade superior a de animais e plantas terrestres (Mouritsen, 2012a; Freitas *et al.*, 2015).

Para além dos polissacarídeos, em sua maioria composto por fibras dietéticas (45% a 75%), temos altas concentrações de proteína, compreendendo todos os aminoácidos essenciais, e ácidos gordos polinsaturados, tipo ω -3 (EPA e pouco ou nenhum DHA) e ω -6 (AA). A composição reduzida, em termos de gorduras e açúcares, confere um baixo teor calórico (Mouritsen, 2012a).

Tabela 3.2 Aspectos Nutricionais Importantes das Algas Marinhas.

Proteínas	De 7% a 35%.
Fibras Dietéticas	De 45% a 75%.
	Fibras solúveis e insolúveis (prebióticos).
Vitaminas	A, Complexo B, C e E.
Minerais	Ca, Mg, Na, K e P.
	Mais sais de potássio do que de sódio em algumas algas, afetando menos a pressão arterial.
Oligoelementos	Fe, I, Mn, Zn, Se e F, entre outros.
	Iodo em quantidade variável, porém, em maior quantidade em algumas espécies castanhas.
Ácidos Gordos Polinsaturados	De 2% a 5%.
	ω -3: Ácido Eicosapentenoico (EPA);
	ω -6: Ácido Araquidónico (AA);
	Excelente balanço entre ω -6/ ω -3.

Para maiores detalhes, sobre a composição nutricional de algumas das algas marinhas discutidas no presente trabalho, consulte o **Anexo 8.3**.

Os ficocolóides são elementos estruturais das algas, fazendo parte da matriz de componentes que forma sua parede celular. Também possuem papel fundamental no metabolismo secundário algal – ou seja, aquele que não é vital para sobrevivência da espécie, ao menos, a curto prazo – e na regulação das atividades com o meio externo. Acredita-se, ainda, que essas substâncias possam ter um papel na proteção contra o ataque de organismo patogênicos, como ocorre frequentemente com os metabolitos secundários (Vera *et al.*, 2011; Pereira and Correia, 2015; Synytsya *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2017). Além disso, existem alguns compostos bioativos, que podem atuar na prevenção de doenças, cujas propriedades encontram-se listadas a seguir (Cornish and Garbary, 2010; Pereira, 2011):

- β -caroteno: antimutagênica e protetora contra o cancro da mama e doenças cardiovasculares;
- Carragenanas: anticoagulante e antitrombótica, antitumoral, antiviral (herpes e SIDA), com atividade moduladora do sistema imunitário;
- Fucoïdan: anti-SIDA, anti-cancro e protetora contra doenças neurodegenerativas;
- Fucoxantina: antienvelhecimento e protetora contra a deficiência de retinol, com atividade anti-cancro, anti-inflamatória e anti-obesidade;
- Florotaninos: anti-inflamatória, bactericida, reguladora da pressão arterial e fotoquimiopreventiva;
- Ficoeritrina: inibidora de complicações decorrentes de diabetes;
- Polifenóis: quimioprotetora vascular e antimicrobiana; inibidora da α -glucosidase, ajudando no tratamento da diabetes (bromofenol);
- Porphyran & "Shinorine": detentora do processo de envelhecimento;
- Ulvana: antilipêmica, reduzindo os níveis de lípidos na corrente sanguínea.

Os ficocolóides, por se comportarem como fibras dietéticas solúveis, isto é, substâncias que não são digeridas pelo trato digestivo, podem apresentar função prébiótica. Por prebiótico, entende-se: "ingredientes fermentados seletivamente que permitem alterações específicas, tanto na composição como na atividade da microflora gastrointestinal, que conferem benefícios ao bem-estar e à saúde do hospedeiro." (Gibson *et al.*, 2004). Também atuam como saciantes do apetite e inibidores da absorção de macroturientes, em especial, açúcares e gorduras. Estudos comprovam que estes compostos devem atuar, ao menos, como preventores de doenças e infecções por

organismos patógenos (Brownlee *et al.*, 2012; Freitas *et al.*, 2015; Shahidi and Ambigaipalan, 2015).

Por fim, deve-se lembrar que a composição das algas está sujeita a variações de acordo com fatores diversos, como, por exemplo, a sazonalidade (Marinho, Holdt and Angelidaki, 2015). Dessa forma, podemos depreender que as algas e os ficocolóides são matérias primas de grande importância para a alimentação, porque, além de melhorar as qualidades organolépticas de formulações alimentares, também podem oferecer vantagens dietéticas e à saúde de quem os consome.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para popularizar a ficogastronomia no mundo ocidental, é preciso uma abordagem inspirada (Mouritsen, 2012a); por esse motivo, discutimos no presente capítulo algumas ferramentas de criação e análise que podem auxiliar no processo de desenvolvimento de novos produtos.

4.1 Matérias-Primas

4.1.1 Identificação e Recolha de Macroalgas

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram realizadas diversas recolhas de algas marinhas (Vide **Anexo 8.2**) ao longo da costa portuguesa, com o objetivo de compreender melhor suas características morfológicas, poder identificá-las, assim como avaliar, *in situ*, as propriedades organolépticas de cada uma. Infelizmente, grande parte das algas estudadas não são encontradas nas grandes superfícies e, nem mesmo, em lojas especializadas.

Na maior parte das coletas, contou-se com o apoio logístico e a "expertise" do professor Leonel Pereira, ficólogo e orientador desta tese.

Nesse trabalho de campo, pode-se notar que as populações de algas marinhas variam de norte a sul da costa do país e, também, consoante as estações do ano. As algas tipo alface-do-mar (*Ulva* sp., Chlorophyta) são sempre abundantes em qualquer região e época do ano, sendo fáceis de serem recolhidas por se localizarem no mesolitoral⁷⁹, bem próximas ao patamar supralitoral⁸⁰. Já o chorão-do-mar (*Codium tomentosum*, Chlorophyta), também abundante e fácil de ser colhido nas praias mais ao

⁷⁹ Região sujeita às flutuações da maré, exposta duas vezes ao dia, estando submersa durante a maré alta e descoberta durante a maré baixa (Saldanha, 2003).

⁸⁰ Região superior da costa, imediatamente a seguir ao domínio terrestre, permanentemente exposta ao ar, onde somente chegam apenas os salpicos de água do mar (Saldanha, 2003).

sul durante verão, quase desaparece nos períodos de frio intenso. Na visita à Praia do Norte (Viana do Castelo) em abril, notou-se uma presença quase insignificante dessa alga, talvez, pela afinidade com as águas mais quentes.

Infelizmente, em nenhuma das atividades de campo, foi possível coletar algumas algas vermelhas como a erva-patinha (*Porphyra* sp., Rhodophyta) e a "dulce" (*Palmaria palmata*, Rhodophyta). Na Praia de Buarcos (Figueira da Foz), durante o mês de Dezembro, observou-se algumas pequenas populações de erva-patinha, porém, ainda em estágio de desenvolvimento, decidindo-se, dessa forma, pela não remoção destas. A alga cabelo-de-velha (*Gracilaria gracilis*, Rhodophyta), o musgo irlandês (*Chondrus crispus*, Rhodophyta) e o limo-musgo (*Mastocarpus stellatus*, Rhodophyta) foram facilmente encontrados em todas as visitas realizadas às praias do norte, tanto na primavera, como no início do inverno. Pôde-se constatar, também, a existência de uma grande quantidade e variedade de algas vermelhas (*Plocamium cartilagineum*, *Asparagopsis armata*, *Nitophyllum punctatum* – Rhodophyta – etc.), durante o período do verão, na Praia da Poça e das Avenças, no concelho de Cascais.



Figura 4.1 Composição com as Algas Recolhidas na Praia da Aguda

[Crédito: Bruno Moreira Leite]

No grupo das algas castanhas, verificou-se a presença de "kelps" (Laminariales) quase que exclusivamente nas praias do norte, mesmo nas temporadas mais frias. Na visita à Praia de Buarcos, foi possível recolher uma boa quantidade de jovens exemplares "wakame" (*Undaria pinnatifida*), uma alga invasora, porém, com excelentes propriedades gastronómicas, além da alga limo-corriola (*Saccorhiza polyschides*). Já na visita à Praia do Norte, juntamente com o limo-corriola, verificou-se uma quantidade considerável de "kombu-atlântico" (*Laminaria ochroleuca*). A recolha das "kelps" nunca é tarefa muito fácil, porque essas algas só começam a aparecer no patamar infralitoral⁸¹. Não foi encontrado nenhum espécime de esparguete-do-mar (*Himanthalia elongata*) e "wakame atlântico" (*Alaria esculenta*) nas 3 visitas as praias do norte; alguns exemplares de esparguete-da-costa (*Nemalion helminthoides*, Rhodophyta), parcialmente desidratados, foram encontrados sobre as rochas na Praia da Poça.

A qualidade duvidosa das água da Costa do Sol fez com que a coleta nesses locais tivesse, como motivação, apenas o exercício de identificação, não sendo utilizadas as algas para nenhum fim alimentar.

4.1.2 O Sabor como Ponto de Partida

A NEUROCIÊNCIA DO SABOR

Apesar de muitas pessoas se referirem ao gosto e ao sabor como sinónimos, temos que o gosto é percebido exclusivamente na boca, sendo composto por cinco categorias básicas⁸² – doce, amargo, salgado, ácido e umami – enquanto o sabor, num sentido mais estrito (também denominado "flavour"), é proveniente da interação do paladar com o olfato. Pode o mesmo ser definido ainda, num sentido mais amplo, como: "combinação complexa das sensações olfativas, gustativas e trigeminais percebidas durante a degustação; o sabor pode ser influenciado por estímulos táteis, térmicos, dolorosos e/ou sinestésicos" (ISO, 2009).

⁸¹ Região que estende-se desde o mesolitoral até à profundidade máxima onde ainda é possível a existência de algas que precisam de muita iluminação (fotófilas). Na costa portuguesa, situa-se entre os 20 e os 24 m de profundidade, e apenas uma pequena parte deste patamar fica descoberta em algumas marés baixas (Saldanha, 2003).

⁸² Estudos recentes apontam que devemos ter receptores para outros tipos de "gosto", como o "oleogustus" ou o gosto da gordura e o "starchy taste" ou o gosto do amido (Running, Craig and Mattes, 2015; Lapis, Penner and Lim, 2016).

Registe-se, contudo, que aproximadamente 80% daquilo que percebemos como sendo sabor advém, de facto, da olfação. Dessa forma, os compostos de aroma, por si só, vão ter um papel preponderante na caracterização organoléptica dos alimentos.

Como os aromas percebidos pelo seres humanos passam de alguns milhares, pode-se afirmar que o sabor é um campo de estudo bastante complexo e, ainda, relativamente desconhecido pela neurofisiologia (IV and Koppel, 2013; Shepherd, 2013).

Além disso, alguns estímulos na cavidade oral, como as sensações "tátil-bucais", desempenham um papel crucial em muitos aspetos da percepção multissensorial dos alimentos e dos sabores. Outros sentidos, como a visão e a audição, também vão contribuir (Spence *et al.*, 2013).

Tomamos, como exemplo, a sensação crocante: não somente a firmeza do alimento, durante a mastigação, vai influenciar na nossa percepção, como também a aparência (firme ou mole) e o som provocado pela ruptura da matriz alimentar.

Os chefs são mestres na arte de trabalhar os alimentos, pensando não somente nos aspetos básicos como o gosto e o sabor, mas também aprimorando outros elementos, como textura, aparência, ambiente, temperaturas, sons, etc.

Heston Blumenthal, em seu livro "The Fat Duck Cookbook" discute, no anexo, alguns aspetos da neurociência do sabor e apresenta pratos e bebidas que desafiam os sentidos, tais como (Blumenthal, 2009): "som do mar" (**Figura 4.2A**) e "chá quente e gelado" (**Figura 4.2B**). O prato vinha acompanhado de auriculares, que transmitiam uma gravação, feita à beira-mar, com o som das ondas, vento e gaivotas; a ideia era a de reforçar o sabor de mar pela estimulação auditiva. Já a bebida possuía duas temperaturas diferentes na mesma chávena, uma metade estava a 0 °C e a outra a 72 °C, explorando o contraste de temperaturas e brincando com os sentidos.

Para Ferran Adrià, o intelecto poderia ser categorizado como um "6º sentido" para além dos 5 básicos (gosto, olfato, tato, visão e audição). O cozinheiro, com sua linha "tecnoemocional", propõe uma cozinha intelectualizada, onde sentimentos como nostalgia, surpresa e ironia, também deveriam ser estimulados. Para tal efeito, desenvolveu pratos como "espuma de fumo" (1997, nº 400 – **Figura 4.2C**) que tinha um gosto duvidoso, mas foi introduzido no menu degustação como forma de provocar os comensais (Todol, 2009).



Figura 4.2 Exemplos de Pratos Multissensoriais.

[Créditos: Heston Blumenthal; Ferran Adrià]

Estudos recentes apontam que a maneira como percebemos os sabores é bem próxima daquela utilizada pelo cérebro na construção das imagens e, por isso, descrever o estímulo provocado por um alimento é uma tarefa bastante complexa e muitas vezes pouco eficaz, dadas as limitações da linguagem (Shepherd, 2013).

A IMPORTÂNCIA DO UMAMI

A palavra "umami" vem do japonês "umai" (旨), delicioso, e "mi" (味), essência, significando "a essência daquilo que é delicioso" ou saboroso. O termo foi cunhado pelo seu descobridor, o cientista japonês Kikunae Ikeda, para descrever aquele que

viria a ser o quinto gosto básico (Nakamura, 2011). Apesar do umami estar presente no receituário das cozinhas regionais ao longo da história e ao redor do globo, ainda hoje ele é desconhecido de uma grande parcela da população, em especial, no mundo ocidental. Contudo, a nova geração de chefs, jornalistas e cientistas da alimentação adotou a expressão japonesa como um jargão profissional, ajudando sua divulgação para o público em geral (Mouritsen *et al.*, 2012).

A principal substância responsável pela gosto umami foi descoberta por Ikeda que identificou o glutamato monossódico (MSG), um sal do aminoácido ácido glutâmico, em algas "kombu"; mais tarde, dois discípulos viriam a identificar outras moléculas sinérgicas tais como os nucleotídeos inosinato⁸³, presente no "katsuobushi"⁸⁴, e guanilato⁸⁵, presente em alimentos como os cogumelos "shitake" desidratados (Nakamura, 2011; Mouritsen, 2012b).

Somente há pouco tempo, a fisiologia do umami começou a ser desvendada, embora o papel de cada tipo de receptor das papilas gustativas para evolução da espécie permaneça incerto. Em linhas gerais, sabe-se que eles são receptores acoplados às proteínas "G", dentre os quais, os receptores T1R1 e T1R3 aparecem como candidatos para explicar a interação entre o glutamato e os sinérgicos. Além disso, o organismo humano possivelmente desenvolveu receptores para o umami como forma de detetar a presença de proteínas nos alimentos, sendo estes estimulados desde o aleitamento materno (Mouritsen *et al.*, 2013; Mouritsen and Styrbæk, 2014).

Para além de seu gosto peculiar, o umami também promove a intensificação dos demais gostos. Por sua vez, o inosinato e o guanilato⁸⁶ ampliam a intensidade do gosto do umami⁸⁷. O glutamato, assim como algumas das substâncias responsáveis pelos demais gostos, à exceção dos açúcares, quando usado em altas concentrações, provoca uma sensação desagradável, devendo ser empregado em doses baixas (0,1% a 0,8%) (Mouritsen, 2012b; Mouritsen and Styrbæk, 2014).

⁸³ Sal do nucleotídeo "monofosfato de inosina" (IMP).

⁸⁴ Condimento a base de peixe bonito (*Katsuwonus pelamis*) que passa por diversas etapas durante o seu preparo: corte, cocção, desossa, defumação, desidratação e, em alguns casos, fermentação.

⁸⁵ Sal do nucleotídeo "monofosfato de guanosina" (GMP).

⁸⁶ E também, em menor intensidade, o nucleotídeo "monofosfato de adenosina" (AMP).

⁸⁷ O limiar de detecção para o MSG puro é tipicamente de 0,01% a 0,03%, isto é, cerca de metade daquele para o NaCl; Já os nucleotídeos possuem limiares de 0,012% para o inosinato e 0,0035% para o guanilato. Quando adicionamos uma pequena quantidade desses sais de nucleotídeos numa solução de MSG, o valor para o limiar pode ser reduzido em 3 casas decimais (10⁻³) (Mouritsen, 2012b).

Inicialmente, o glutamato foi refinado pela Ajinomoto® a partir de algas, que podiam ficar maturando por até 10 anos em barris de pedra. Atualmente, se extrai esse aminoácido de outras fontes vegetais (como a cana de açúcar), mais baratas e compatíveis com as dietas vegetarianas. Alguns dos alimentos ricos em glutamato são (Figura 4.3): alimentos curados (como o parmesão e o presunto), desidratados (como os cogumelos e os tomates secos), alimentos do mar (como as as algas, as sardinhas e o bacalhau), vegetais (como os aspargos e as batatas), etc. Normalmente, a formação do glutamato e dos nucleotídeos sinérgicos se dá pela degradação das proteínas e da matéria celular (Mouritsen and Styrbaek, 2014).

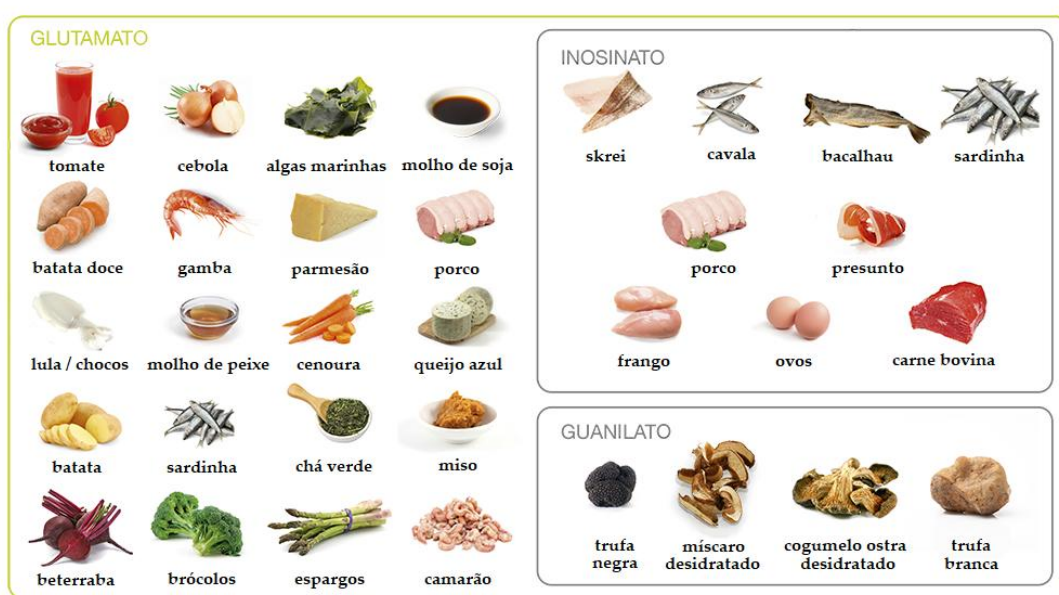


Figura 4.3 Alimentos Ricos em Umami (Glutamato e Sinérgicos)

[Adaptado de: FoodPairing®]

Os asiáticos são mestres na arte de incorporar o umami em preparos alimentares; porém, os ocidentais também aprenderam, sobretudo com os ancestrais, a incorporar ingredientes ricos em umami no seu receituário: aparas de carnes e peixes com "mirepoix"⁸⁸ e tomate nos caldos base, queijo parmesão nas massas, "ketchup" nos hambúrgueres, molho "Worcestershire"⁸⁹ e anchovas em conserva no tempero de

⁸⁸ Mistura aromática de vegetais como cebola, cenoura, alho francês e aipo, usada para conferir sabor aos caldos base da cozinha clássica.

⁸⁹ Molho inglês a base de anchovas, pasta de tamarindo e especiarias que passa por processo de degradação enzimática (e, talvez, fermentação), e envelhecimento em barricas por cerca de 18 meses.

pratos, etc. O miolo do tomate, ou endocarpo, possui até 4 vezes mais compostos umami que a polpa, ou mesocarpo (**Figura 4.4**); as cascas da batata e as cabeças de camarão secas também são alimentos extremamente ricos, podendo ser utilizados na alimentação como condimento⁹⁰ ou para o preparo de caldos (Oruna-Concha *et al.*, 2007; Mouritsen and Styrbæk, 2014).

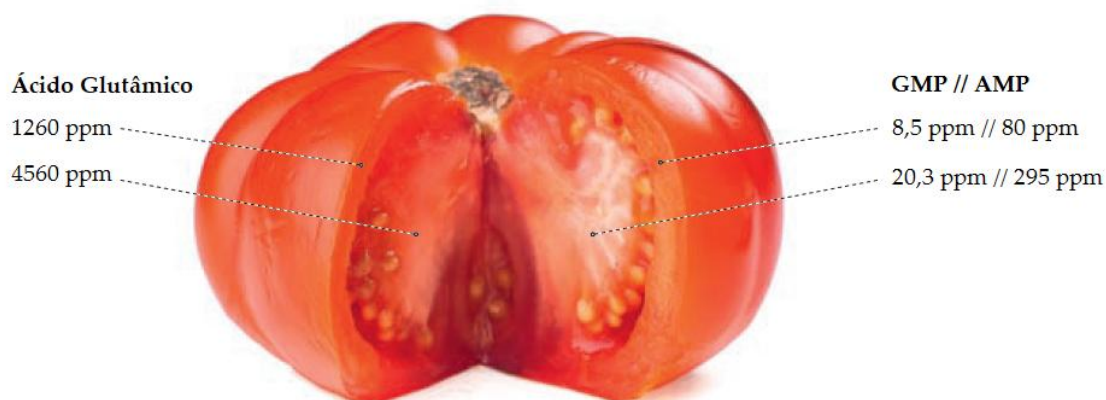


Figura 4.4 Substâncias Umami no Endocarpo e Mesocarpo do Tomate

[Crédito: Bruno Moreira Leite | Fonte: Oruna-Concha *et al.* (2007)]

Uma carta do médico Robert Kwok (1968) ao "New England Journal of Medicine" (Jornal de Medicina da Nova Inglaterra), associando o glutamato à "síndrome do restaurante chinês", ganhou projeção e alarmou a população sob possíveis efeitos danosos dessa substância ao organismo. Contudo, alguns estudos posteriores concluíram que as alegações falharam em mostrar reprodutibilidade. Em 1991, o "Comité Científico para a Alimentação Humana" da União Europeia declarou o glutamato monossódico como sendo seguro e não especificou nenhum valor para ingestão diária. Mesmo assim, até os dias atuais, algumas pessoas evitam esse condimento por conta desse episódio e a indústria alimentar, algumas vezes, dribla a

Apesar da receita ter vindo da Índia, parece que esse molho tem suas raízes no "garum" romano ou "garos" dos gregos.

⁹⁰ Vide o caso do **Tomami**®, um xarope rico em umami, inspirado nos hidrolisados de levedura de cerveja (Marmite® ou Vegemite®) e feito com o sumo de tomates extra maduros. Disponível em: <https://tomami.eu/en/> (Acessado em: 01/06/2017).

legislação⁹¹ administrando o glutamato em formas menos puras, como hidrolisado de proteína vegetal ou extrato de levedura de cerveja (Mouritsen, 2012b).

Trabalhando com alimentos ricos em compostos umami pode-se reduzir outros ingredientes, como sal, gorduras e açúcares. Caso seja adicionado de 0,1% a 0,8% de glutamato monossódico a um preparo, o sal pode ser suprimido de 30% a 40% na formulação alimentar; o mesmo ocorre com as gorduras (-30%). A redução do açúcar ocorre por um mecanismo indireto – a julgar pelo facto que o glutamato não é capaz de melhorar a doçura em frutas – que se dá pela supressão dos gostos ácido e amargo em alimentos. Pesquisas apontam que alimentos ricos em umami conferem uma sensação maior de saciedade, o que ocorre através da ativação de alguns receptores no estômago por essas substâncias. Além disso, a perda de paladar por parte dos idosos pode ser compensada pelo acréscimo de substâncias e alimentos ricos em umami. Deve-se ter em consideração, ainda, que, em muitos casos, a quantidade adequada de umami em relação aos demais ingredientes trabalhados varia de indivíduo para indivíduo (Mouritsen, 2012b).

A alga "nori" é um dos poucos ingredientes que possuem, ao mesmo tempo, o glutamato e ambos os sinérgicos em concentrações relevantes. As algas "kombu" japonesas (*Saccharina japonica*, Phaeophyceae) são dos alimentos mais ricos em umami existentes, variando o teor de glutamato de 1400 a 3200 mg/100 g, consoante qualidade selecionada (**Tabela 4.1**). Uma possibilidade interessante é a de incorporar algas em formulações alimentares para adicionar gosto umami, reduzir a quantidade de NaCl e também substituir o sais de sódio pelos de potássio (Mouritsen, 2012b).

Descobertas recentes apontam para o uso dessas substâncias e das algas numa série de iniciativas que podem melhorar a qualidade de vida das pessoas, promover a dietética, incentivar o aproveitamento de sobras de alimentos e também propor novas combinações gastronómicas "deliciosas" (Mouritsen and Styrbæk, 2014).

⁹¹ Na Europa, o MSG, como aditivo alimentar, tem que ser declarado no rótulo dos alimentos sob o código "E621" e outros compostos relacionados com o ácido glutâmico carregam os códigos de "E620", "E622" e "E624". Nucleotídeos puros como o IMP (E630–E635), o GMP (E626–E629) ou o AMP (E634–E635) também são empregados como aditivos alimentares, sendo, frequentemente, misturados com o MSG.

Tabela 4.1 Alimentos e Teor de Glutamato / Ácido Glutâmico *

ALIMENTO	GLUTAMATO (mg/100 g)
Alga "alface-do-mar" * (<i>Ulva lactuca</i> , Chlorophyta)	122
Alga "bodelha" * (<i>Fucus vesiculosus</i> , Phaeophyceae)	179
Alga "chicote" * (<i>Laminaria hyperborea</i> , Phaeophyceae)	86
Alga "dulce" * (<i>Palmaria palmata</i> , Rhodophyta)	213
Alga "kombu" (<i>Saccharina japonica</i> , Phaeophyceae)	1400 - 3200
Alga "nori" (<i>Porphyra ternera</i> ; <i>P. yezoensis</i> , Rhodophyta)	1378
Alga "wakame atlântico" * (<i>Alaria esculenta</i> , Phaeophyceae)	201
Anchovas marinadas	1200
Caldo "dashi"	22 - 145
Levedura (hidrolisada)	1960
Miso	500 - 1000
Molho de peixe	828 - 1383
Molho de soja	782 - 1264
Nozes	658
Presunto curado	337
Queijo azul ("Roquefort")	1280
Queijo parmesão	1000 - 2700
Sardinhas	280
Shitake (fresco)	71
Shitake (seco)	1060
Tomate (fresco)	200
Tomate (seco)	648

[Fontes: Mouritsen (2012b); Maehre et al. (2014)]

4.2 Compostos Orgânicos Voláteis em Algas Marinhas

O aroma das algas verdes é dado, maioritariamente, pelo sulfureto de dimetilo (DMS) e aldeídos de ácidos gordos insaturados. O primeiro possui um aroma sulfuroso, que lembra a couve, milho e leite cozidos, sendo a substância predominante no "cheiro de maresia". Ele também é encontrado em: várias espécies do género *Allium* spp. (Magnoliophyta), aspargos, abobrinha, berinjela. Já o aldeídos contribuem com notas de peixe, pepino e relva cortada para as algas verdes (Fujimura and Kawai, 2000; Mcgee, 2004).

O aroma das algas castanhas (Phaeophyceae) não é dado tanto pelos aldeídos de ácidos gordos insaturados como nas algas verdes. As algas castanhas são conhecidas por produzirem um leque de feromonas sexuais como o "fucosserratenos" (1,3-*trans*-5-*cis*-octatrieno), que possui notas aromáticas verdes. Os "dictiopterenos" (A, B, C' e D'), espécie de feromónios de algas da ordem das Dictyotales, abarcam uma grande parte dos aromas que as caracterizam, sendo descrito como possuindo odor de "algas desidratadas", "água do mar" (A) e "peixe" (C') (Jaenicke, 1977; Fujimura and Kawai, 2000).

O odor das algas vermelhas é o menos influenciado por aldeídos comparativamente às demais divisões de algas, havendo uma certa dominância de apocarotenoides e compostos halogenados (iodo e bromo). As algas vermelhas (Rhodophyta) secas possuem um aroma sulfuroso, com notas florais e de chá preto, propiciados pela substâncias derivadas da clivagem oxidativa de carotenoides. O perfil aromático de muitas algas vermelhas permanece desconhecido, uma vez que o mecanismo dessas reações, assim como os compostos relacionados, ainda não são completamente compreendidos (Fujimura and Kawai, 2000; Mcgee, 2004).

Cada espécie possui uma riqueza aromática própria, porém, quase todas possuem em comum notas marcantes de iodo e maresia. O cheiro característico de peixe, mais intenso com a cocção ou decomposição, vem da produção de substâncias como a metilamina e a trimetilamina, também presentes em outros organismos aquáticos (Ito and Hori, 1989).

4.2.1 Análise Instrumental

AMOSTRAS

Após a recolha na praia de Buarcos (Figueira da Foz), o material foi transportado diretamente – o que levou cerca de 4 horas – para a FCT/UNL, onde as algas foram processadas da seguinte maneira:

- Depuração, separadamente, em recipientes com água do mar sintética⁹² por aproximadamente 1 hora.
- Drenagem em peneira com descarte da água e sólidos decantados.
- Remoção de resíduos (rochas, pequenos moluscos, etc.), espécies epífitas e partes danificadas.
- Secagem em centrifuga para folhas e remoção do excesso de humidade com papel absorvente.
- Pesagem de 200 g de material para cada espécie a ser analisada – *Ulva rigida*; *Codium tomentosum* (Chlorophyta); *Undaria pinnatifida*; *Saccorhiza polyschides* (Phaeophyceae); *Gracilaria gracilis*; *Osmundea pinnatifida*; *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus* (Rhodophyta).
- Desidratação de 100 g de *Ulva rigida* em estufa com convecção de ar a 35 °C por 24 horas.
- Congelamento imediato de todas as amostras por azoto líquido e conservação em arca frigorífica a -20 °C até a análise.

Na véspera de cada análise, as algas foram novamente banhadas em azoto líquido para baixar a temperatura (-196 °C) e trituradas, primeiramente, usando um processador de alimentos e, posteriormente, com um moedor para grãos – de maneira a se obter a menor granulometria possível. Todas as amostras foram mantidas à temperatura de, pelo menos, -20 °C até à microextração em fase sólida (SPME).

⁹² Constituída de água destilada e 3% de sal para aquários marinhos – da marca **Instant Ocean**® [<http://www.instantocean.com/>].

TÉCNICA DE EXTRAÇÃO

A SPME é uma poderosa e inovadora ferramenta de extração, com concentração simultânea. Ela emprega uma fibra de sílica fundida (\varnothing 150 μ m) com revestimento adsorvente⁹³ (5 a 100 μ m de espessura) – o adsorvente mais comumente empregado é o polidimetilsiloxano (PDMS). Essa fibra pode ser inserida em uma fase gasosa ("headspace") ou aquosa (imersão direta) para extração dos analitos e, posteriormente, deve ser colocada no injetor do GC-MS para que seja feita a dessorção térmica. O tamanho reduzido da fibra e o seu formato cilíndrico permitem que ela caiba dentro de um dispositivo de injeção com êmbolo tipo seringa. Esse dispositivo permite que a fibra penetre no septo do "vial", seja exposta e recolhida, sem danificar, tanto dentro do "vial" contendo a amostra como no injetor do equipamento (Baltussen, Cramers and Sandra, 2002).

Em alguns casos, a falta de sensibilidade é uma característica, desvantajosa, da SPME, causada em especial pelas propriedades físicas do PDMS e também pela baixíssima quantidade de adsorvente aderido à fibra de sílica – até no máximo 0.5 μ L. Para contornar esse problema e aumentar a capacidade das fibras para SPME, vários materiais foram introduzidos (divinilbenzeno, poliacrilato, polietilenoglicol, etc.) (Baltussen, Cramers and Sandra, 2002).

Na extração por "headspace" (HS-SPME), os analitos volatilizados são concentrados no revestimento da fibra; o que pode implicar em uma série de vantagens em relação à extração por imersão direta (DI-SPME). Como os coeficientes de difusão são mais elevados no gás do que na fase líquida, o equilíbrio dinâmico é atingido mais rapidamente, reduzindo substancialmente o tempo de extração. Para aumentar a velocidade de equilíbrio, na maioria das vezes, durante o processo de extração as amostras são misturadas usando uma barra de agitação magnética. Na HS-SPME, as amostras contendo materiais com alto peso molecular ou sólidos em suspensão podem ser analisadas com maior precisão haja vista que não há interferência desses compostos nos cromatogramas. A vida útil da fibra também é estendida, porque esses compostos

⁹³ Sorvente para o caso do polidimetilsiloxano (PDMS) e adsorvente para o caso dos demais materiais.

indesejados não entram em contacto com ela. A adição de sal mostrou também efeitos positivos sobre a recuperação de voláteis⁹⁴ (Baltussen, Cramers and Sandra, 2002).

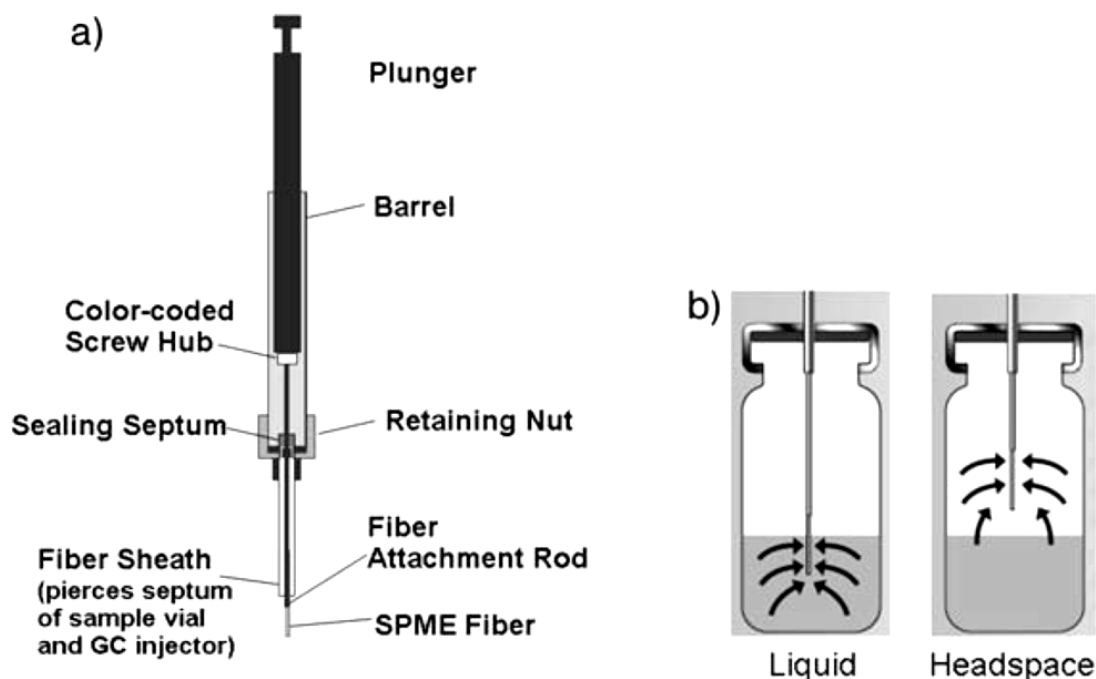


Figura 4.5 Microextração em Fase Sólida (SPME)

[Crédito: Hübschmann (2009, p.13)]

LEGENDA: **a)** Seringa para SPME; **b)** Microextração por Imersão Direta/Headspace.

Descobriu-se que os resultados quantitativos da HS-SPME eram similares às aquelas obtidos através das técnicas convencionais, contudo, em grande parte dos casos, uma maior sensibilidade foi atingida na detecção dos compostos (resultados qualitativos). A HS-SPME é uma abordagem de sucesso não somente para a análise de amostras líquidas e gasosas, podendo ser usada ainda em matrizes sólidas e até mesmo na análise direta do ar (Baltussen, Cramers and Sandra, 2002).

⁹⁴ Efeito "salting-out": ao se saturar a solução da amostra com cloreto de sódio, aumenta-se a recuperação dos compostos mais polares uma vez que há diminuição da solubilidade destes, forçando-os a migrarem para o "headspace" (Nogueira, 2012).

METODOLOGIA

Antes da análise final por cromatografia gasosa com espectrometria de massa (GC-MS), foram realizados diversos ensaios de maneira a se otimizar as variáveis de extração – concentração, "salting out", tempo, temperatura e agitação. O ideal seria também realizar alguns ensaios com fibras de diferentes materiais para tentar descobrir qual delas teria mais afinidade com os compostos das algas analisadas. Recorreu-se a fibra de polidimetilsiloxano/divinilbenzeno (PDMS-DVB) de 65 μ ⁹⁵ que é considerada a fibra universal para análise de alimentos por HS-SPME: ela é capaz de adsorver compostos voláteis, aminas e compostos nitroaromáticos de massa molecular entre 50u e 300u (de Pinho *et al.*, 2009). Porém, o ideal seria o uso da fibra de DVB/Carboxen/PDMS de 30 μ m⁹⁶ que é indicada para a análise de compostos voláteis e semivoláteis (C₃-C₂₀) com massa molecular entre 40u a 275u (Bravo-Linares, Mudge and Loyola-Sepulveda, 2010). Optou-se por não utilizá-la por causa do tempo de recondicionamento recomendado pelo fabricante de 1 hora (270 °C), o que tornaria o trabalho de extração e análise ainda mais demorado, sem diferenças significativas em termos de resultados.

Em ensaios anteriores, a HS-SPME com algas secas gerou bons cromatogramas TIC ("Total Ion Chromatogram" ou Cromatograma Iônico Total). Entretanto, ao realizar a HS-SPME com algas frescas, mesmo preenchendo todo o espaço disponível no "vial", não foi possível conseguir bons resultados como pode ser visto na **Figura 4.6**.

Dessa maneira, foi preciso buscar novas alternativas que poderiam ser concentrá-las posteriormente à extração dos voláteis ou aumentar o tamanho das amostras.

⁹⁵ Sigma-Aldrich® Supelco SPME Fiber Assembly Polydimethylsiloxane/Divinylbenzene (PDMS/DVB) d_f 65 μ m. Disponível em: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/supelco/57310u> (Acessado em: 24/03/2017)

⁹⁶ Sigma-Aldrich® Supelco SPME fiber assembly Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) d_f 30 μ m. Disponível em: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/supelco/57328u> (Acessado em: 24/03/2017)

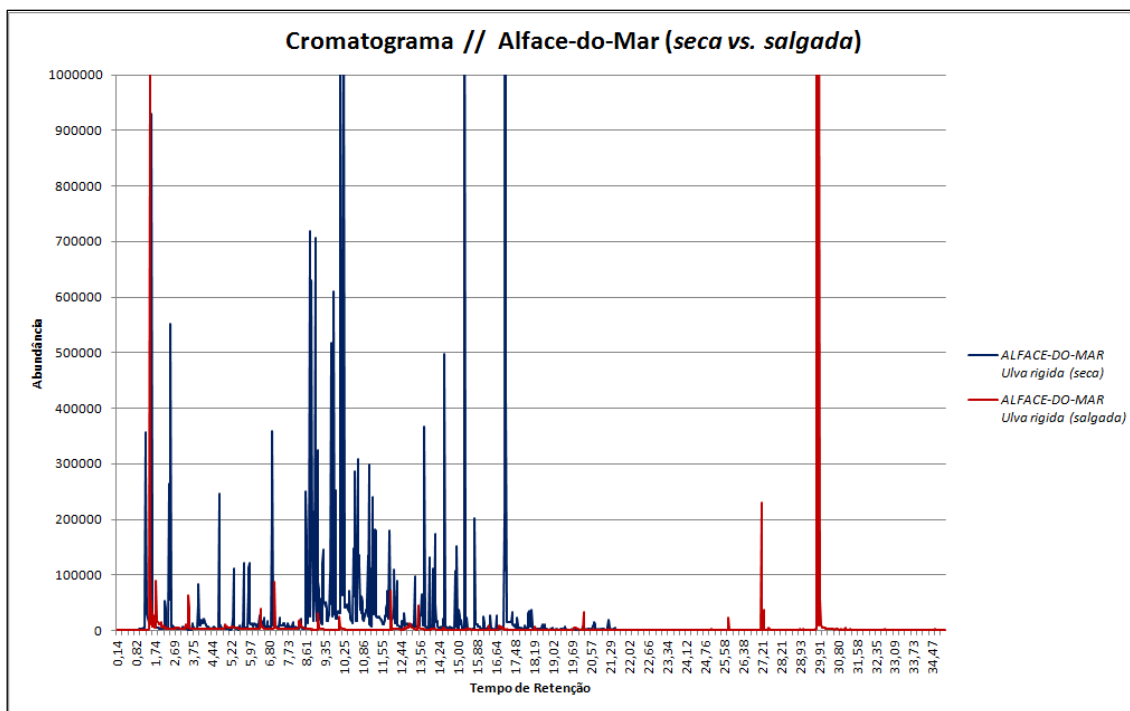


Figura 4.6 Comparação dos Cromatogramas da *Ulva rigida* Seca vs. Salgada

Para concentração das amostras, vários experimentos com extração sortiva por barras de agitação (SBSE) e dessorção líquida (LD) foram realizados: primeiramente, usando uma barra de polidimetilsiloxano (PDMS-SBSE) dentro da amostra; em seguida, posicionando uma segunda barra (PDMS-SBSE) no "headspace"; por fim, usando extração sequencial e uma terceira barra de etilenoglicol silicone (EGS-SBSE). Porém, o procedimento de concentração em fluxo de azoto mostrou-se incompatível uma vez que grande parte dos voláteis se perdiam. Dessa maneira, essa técnica mostrou mais eficaz na extração de compostos de alto peso molecular do que de voláteis; o que conduziu à ideia de se fazer uma extração, simultânea ao "headspace", com a barra de EGS-SBSE – todos os autores que trabalharam com esse adsorvente reportaram uma maior eficiência na extração de compostos polares comparativamente ao PDMS (Camino-Sánchez *et al.*, 2014). Para tornar esses compostos voláteis, utilizou-se a derivatização por *N,O*-Bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida (BSTFA).

Entretanto, o problema da baixa sensibilidade do HS-SPME permanecia. Para contorná-lo, resolveu-se superdimensionar o tamanho do "vial" de extração usando equipamento laboratorial. A solução encontrada encontra-se no esquema da página seguir (Figura 4.7).

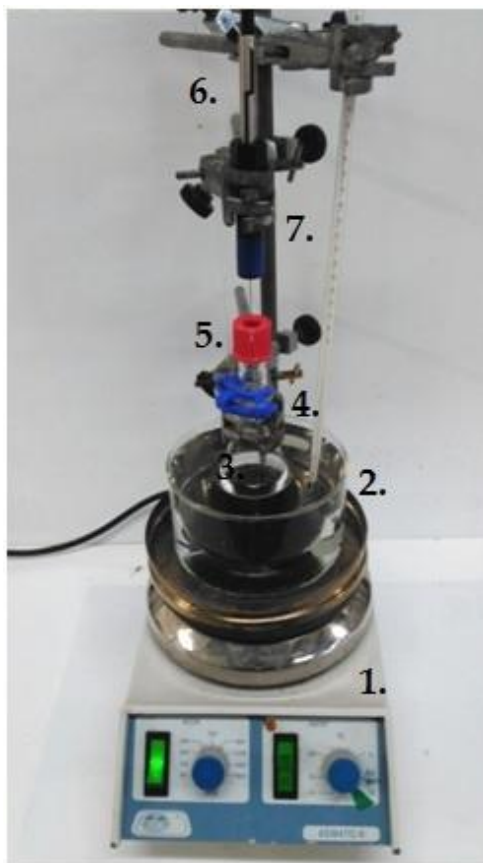


Figura 4.7 Extração Simultânea HS-SPME + LD-SBSE

[Crédito: João Paulo Noronha]

LEGENDA: 1) Placa de agitação magnética com aquecimento; 2) Tina (banho aquecido); 3) Frasco Erlenmeyer (com amostra e SBSE); 4) Grampo plástico (Keck); 5) Adaptador de termómetro, septo em silicone/PTFE e tampa vazada; 6) Suporte universal com pinça/noz e termómetro; 7) Seringa com Fibra de SPME.

Para cada análise, 30 g de algas frescas – *Ulva rigida*, *Codium tomentosum*, *Undaria pinnatifida*, *Saccorhiza polyschides*, *Gracilaria gracilis*, *Osmundea pinnatifida* e *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus* – foram introduzidas no frasco Erlenmeyer (150 mL) adaptado como "vial" e adicionou-se 104 g de uma solução salina de água milli-Q (80 g) com 30% de NaCl PA (24 g). Na HS-SPME utilizou-se a fibra de PDMS-DVB 65 μm e ocorreu por 2 horas a 60 ± 2 °C. Na SBSE utilizou-se barra de EGS – aderidas a parede do Erlenmeyer com um magnete – e uma barra de agitação magnética em "teflon" a 1.200 rpm, ocorrendo essa extração simultaneamente a HS-SPME.

A análise para a alga *Ulva rigida* seca obedeceu o mesmo protocolo, à exceção das quantidades empregadas na extração que foram: 675 mg de *Ulva rigida* (seca), 90 g

H₂O milli-Q e 27 g de NaCl (PA). Após a extração, as fibras foram recolhidas e imediatamente transferidas para o GC-MS, onde sofreram dessorção térmica (TD) a 250 °C por 1 minuto em modo "splitless".

Ao final do ciclo de análise por GC-MS as fibras estavam recondicionadas para uma nova extração. As barras foram transferidas para "vials" com 3 mL de acetonitrilo (ACN) e sofreram dessorção líquida (LD) em banho de ultrassons por 20 minutos. Uma vez feita a LD-SBSE, as barras foram recondicionadas conforme protocolo⁹⁷ e as amostras foram imediatamente congeladas a -24 °C para posterior derivatização e análise por GC-MS via injeção direta por "autosampler".

GC-MS

A cromatografia gasosa é um método analítico onde uma fase móvel gasosa constituída por um gás inerte (hélio) – que, no caso em questão, vais arrastar os compostos voláteis e semivoláteis que queremos analisar – passa por uma fase estacionária constituída por uma coluna capilar (de sílica fundida) revestida de um material polimérico líquido termoestável (polidimetisiloxano) com afinidade pelos compostos, eluindo-os. As substâncias que estão sendo analisadas interagem com a fase estacionária nas paredes da coluna e são retidas, para favorecer a dessorção das moléculas, a coluna é aquecida gradualmente. Isso faz com que cada composto abandone a fase estacionária em diferentes momentos (tempos de retenção). É a elevada capacidade de separar os compostos químicos (eluição) por diferentes tempos de retenção que dá cromatografia gasosa de alta resolução a sua utilidade enquanto método analítico. Atualmente, a cromatografia gasosa capilar é o método instrumental mais importante para a análise de compostos orgânicos voláteis em misturas complexas – incluindo-se aí alimentos e, até mesmo, isómeros (Hübschmann, 2009).

A espectrometria de massa é um método de detecção onde um ionizador, de impacto eletrônico, fraciona os compostos químicos; e, então, o quadrupolo separa e arranja os seus iões com base na razão massa-carga (m/z). De forma simplificada, podemos dizer que a espectrometria mede as massas dentro de uma amostra. Para

⁹⁷ Protocolo de Limpeza das Barras (SBSE): em um Erlenmeyer pequeno (10 mL) mergulhar as barras em 5 mL de dimetilsulfóxido (DMSO), levando ao agitador magnético por 20 minutos a 500 rpm e, posteriormente, ao banho de ultrassons por 8 minutos (1 ciclo); depois, transferir para um "vial" com 3 mL de ACN e levar mais uma vez ao ultrassons por 8 minutos; Deixar as barras no "vial" com ACN até uma nova extração.

construção do cromatograma, os dados auferidos são organizados em gráficos que relacionam o tempo de retenção (RT) com a abundância dos íons detetados. Esse método de detecção fornece um conjunto significativo de informações sobre as moléculas ou fragmentos das substâncias analisadas, permitindo a análise qualitativa e quantitativa.

Sendo um processo de detecção padronizado, permite que o "software" identifique numa série de bibliotecas – como, por exemplo, a do "National Institute of Standards and Technology" (NIST) – registros de outros espectrómetros e listar os resultados por similaridade. Com base em diversos critérios – semelhança entre espectros (estatística "Match"), maiores picos, características da amostra, tempos de retenção e índice de retenção de Kovats (KI) –, identificam-se as substâncias que estão sendo pesquisadas (Hui, 2010, p. 170).

Com base no descrito acima, podemos concluir que as capacidades preditivas da GC-MS são, no entanto, dependentes da capacidade analítica de quem está trabalhando. Equipamentos capazes de trabalhar com limiares de detecção cada vez menores, bem como o crescente número de compostos detetados, fazem com que a análise dos dados seja cada vez mais complexa.

A área de aplicação da GC-MS é limitada às substâncias voláteis. Além disso, uma grande desvantagem da microextração em fase sólida (SPME) é a ausência de fibras que são suficientemente polares para extrair compostos muito polares ou iônicos de soluções aquosas. Entretanto, para superar essas limitações da SPME-GC-MS, existe a técnica de derivatização que permite substituir grupos funcionais específicos por outros – compatíveis com as fibras e equipamentos – tornando os compostos voláteis (Hübschmann, 2009).

EQUIPAMENTO

Os compostos extraídos das algas por HS-SPME foram analisados em um equipamento de GC-MS (Agilent Technologies, EUA), com um GC (Modelo 6850) acoplado a um detetor de massa seletivo (5975C VL MSD), o qual foi controlado por uma estação de trabalho provida do "software" "MSD ChemStation E.02.00493" da Agilent Technologies (**Figura 4.8**).



Figura 4.8 GC-MS com Autosampler (Agilent Technologies, EUA)

[Crédito: João Paulo Noronha]

Foram realizadas quatro réplicas de cada ensaio para cada alga estudada. Os compostos identificados foram atribuídos de acordo com seu espectro de massa, índices de retenção (RI), e tempo de retenção (RT). Seus espectros de massa foram comparados com os da base de dados de referência (NIST Mass Spectral Data 98), devendo ter necessariamente ajustes superiores a 85% e os RI e RT foram confrontados com a literatura disponível⁹⁸ (vide **Anexo 8.6**). Os descritores organolépticos dos compostos químicos, quando disponíveis, foram atribuídos com base nas informações

⁹⁸ Os "Índices Kovats" (KI) dos compostos químicos foram compilados, a partir dos valores médios, da base de dados "Volatiles Compounds in Food 16.3" (VCF online) na secção "Search compound", aba "Retention Index details". Disponível em: <http://www.vcf-online.nl/VcfCompoundSearch.cfm> (Acessado em: 01/06/2017). Quando não encontrados, se foi buscar os valores na literatura [1,3-*trans*,5-*cis*-octatrieno, *trans*-3,5-octadien-2-ona e *trans*-2-(2-pentenyl)furano (Bajer *et al.*, 2017); bromofórmio (Xu *et al.*, 2003)] ou se utilizou o valor estimado (KRI^o) da biblioteca "NIST Mass Spectral Data 98".

da base de dados "Good Scents Company"⁹⁹ (vide **Anexo 8.6**). Ensaios foram realizados de forma a se otimizar as variáveis de análise, chegando-se ao seguinte programa:

Tabela 4.2 Condições Experimentais da GC-MS

UNIDADE TÉRMICA DE DESSORÇÃO	
Modo	"Splitless"
Temperatura do injetor	250 °C
GC-MS	
Coluna capilar	HP-5MS, 5% fenil e 95% metilpolisiloxano (30 m × 0,25 mm, 0,25 µm)
Gás de arraste	Hélio, 1,0 mL min. ⁻¹
Programa do forno	35 °C por 4 min.
	35 – 150 °C a 5 °C min. ⁻¹
	150 – 310 °C a 20 °C min. ⁻¹
Tempo total do programa	35 min.
Temperatura do quadrupolo	150 °C
Temperatura da fonte iônica	230 °C
Ionização (EI)	70 eV
Intervalo de massa	35 a 300 m/z

4.3 Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos

4.3.1 Objetivos Pretendidos

As algas, como discutido anteriormente, são uma excelente fonte de aminoácidos, ácidos gordos essenciais e, em alguns casos, vitamina B₁₂ e sais de potássio em maior concentração que os de sódio. As substâncias umami presentes, permitem formulações com menor teor sal, gorduras e açúcares. Os ficocolóides, além de serem uma fonte de fibras dietéticas, podem entrar na formulação para melhorar a

⁹⁹ Os descritores organolépticos foram compilados da base de dados "Good Scents Company". Disponível em: <http://www.thegoodscentscompany.com/search2.html> (Acessado em: 01/06/2017).

textura de alimentos, assim como para desenvolver produtos funcionais e inovadores. Há também uma série de compostos bioativos que promovem a saúde de quem os consome e ajudam na prevenção de doenças. Por esses motivos, elas constituem um alimento perfeito para pessoas com dietas restritivas ou portadores de doenças, tais como: veganos ou vegetarianos, obesos, hipertensos e diabéticos, entre outros.

Vale destacar, ainda, a importância de se estudar mais profundamente o campo da ficologia, selecionando e promovendo o melhoramento genético, entendendo melhor os ciclos reprodutivos e viabilizando a aquicultura, usando espécies edíveis invasivas ou autóctones não empregadas em cozinha, bem como desenvolvendo novas alternativas de uso das algas em alimentação. Por tal razão, pensou-se em trabalhar produtos com foco nos seguintes aspectos: isentos de proteína animal¹⁰⁰, dotados preferencialmente de uma componente "funcional" e/ou que façam uso de algas não convencionais.

4.3.2 Desenvolvimento de Novos Produtos

Novos produtos alimentares podem ser definidos como sendo aqueles que nunca foram fabricados por uma dada empresa, sendo introduzidos por esta em seu mercado. Alternativamente, podem ser entendidos também como produtos já estabelecidos, apresentados pela empresa numa nova forma ou num novo mercado ainda não explorado. O desenvolvimento de produtos envolve um conjunto de passos que precisam ser completados, desde o conceito até a sua comercialização. É uma atividade de vital importância à sobrevivência das empresas, mantendo-as sintonizadas com as tendências e mudanças do mercado (Kahn *et al.*, 2013).

Atualmente, o desenvolvimento de novos produtos é um processo contínuo, levando-se em consideração que há uma rápida mudança nos hábitos de consumo do mercado, que impacta diretamente no ciclo de vida dos desses produtos. No que diz respeito à cadeia de fornecimento, houve uma inversão, com as empresas priorizando as necessidades dos clientes, em detrimento de uma oferta de produtos baseada na sua própria vontade. A globalização estabelece, muitas vezes, uma logística internacional de comercialização, sendo que as empresas têm que oferecer produtos para um

¹⁰⁰ Excetuando-se ovos, laticínios e mel.

mercado cada vez mais heterogêneo, lidando com o paradoxo de fornecer soluções que sejam de massa, porém, ao mesmo tempo, customizáveis (Linnemann *et al.*, 2006).

Há uma ampliação do conceito de qualidade, enfocando não somente os fatores intrínsecos, inerentes às características físicas do produto, mas também alguns fatores extrínsecos, como a política de comércio justo, o uso de pesticidas ou de alimentos geneticamente modificados, etc. Além disso, aspectos relacionados ao contexto em que o alimento vai ser consumido, tais como hora, lugar e ocasião, e também características socioculturais, vão ser importantes. Essa nova perspectiva de qualidade suscita questões relativas a como a vontade do consumidor pode ser expressa através de especificações técnicas, e quais tecnologias poderão ser empregadas. Somente os produtos que satisfizerem as exigências do mercado consumidor, poderão ser bem sucedidos (Linnemann *et al.*, 2006).

A tecnologia alimentar usada para criar um produto pode influenciar o desejo do público em comprá-lo, porém, os recursos empregados são menos importantes quando o público percebe o alimento como sendo benéfico e capaz de satisfazer suas necessidades. A maioria das pessoas tem pouco ou nenhum conhecimento sobre tecnologia alimentar e, portanto, a confiança no fabricante é um aspecto crucial. A indústria da propaganda e "marketing" sabe, desde muito tempo, o quanto a ideia de "natural" é importante para a venda de gêneros alimentícios. De uma maneira geral, as transformações físicas (picar, desidratar, etc.) são mais bem aceitas que as químicas (por exemplo, usar aditivos alimentares), sendo que alterações ao nível biológico, como manipulação de genes, costumam ser problemáticas. O sucesso do mercado de orgânicos e dos "superalimentos" mostra que o público, em geral, está disposto a pagar um prêmio, se estiver convencido que um determinado alimento possui qualidades ou faz bem à saúde (Siegrist, 2008).

Em linhas gerais, as principais etapas para o desenvolvimento de um novo produto são (Rudolph, 1995):



Figura 4.9 Etapas para o Desenvolvimento de um Novo Produto

As principais categorias onde os novos produtos se enquadram são (Linnemann *et al.*, 2006):

- "Eu-também" ("me-too"): é quando uma companhia coloca um produto no mercado que já é produzido por outra empresa.
- Extensão de linha: variantes para um produto fabricado e bem estabelecido (por exemplo, novas espécies de algas para uma linha de algas marinhas secas).
- Nova forma para produtos existentes: produto existente que é ofertado de uma outra forma (por exemplo, salada de algas marinhas frescas, ao invés de secas).
- Nova embalagem: produto existente que é ofertado em outra embalagem (por exemplo, sal com algas marinhas em moinho).
- Reposicionamento: devido às características existentes do produto, pode-se direcioná-lo a um novo público-alvo (por exemplo, algas marinhas para pessoas que querem perder peso ao invés de vegetarianos e macrobióticos).

- Reformulação: quando o produto sofre alterações na fórmula, pela adição, substituição ou subtração de um ou mais ingredientes (por exemplo, mistura de condimentos para peixe, que passa a incorporar algas marinhas).
- Produto inovador: produto resultante de alterações em um outro existente, que não se enquadra em nenhuma das categorias acima (por exemplo, algas marinhas frescas processadas em alta pressão).
- Produto criativo: um produto nunca antes visto; configura-se como um dos mais difíceis de se desenvolver por causa dos custos e riscos associados (por exemplo, algas imobilizadas em alginato para uso em produtos alimentares diversos).

Uma forte tendência no setor é o modelo de "inovação aberta", que promove o intercâmbio de conhecimento para além das fronteiras da empresa, de forma a permitir uma aceleração no processo de desenvolvimento interno de inovações. Ele incentiva a parceria com clientes, fornecedores, instituições de ensino e pesquisa, concorrência, além de outras partes interessadas (Sarkar and Costa, 2008).

Os alimentos funcionais são um mercado promissor considerando-se os avanços na ciência e um público cada vez mais longo e preocupado com saúde. Contudo, o desenvolvimento de produtos inovadores nesse setor é complexo e caro, sujeito a inúmeras regulamentações públicas, sendo mais provável que o mercado seja desenvolvido por grandes empresas multinacionais. Dessa forma, a maioria das pequenas e médias empresas, em geral, introduzem normalmente produtos do tipo "eu-também". O sucesso neste mercado depende de como a empresa transmite a mensagem sobre os benefícios do produto e conscientiza o público acerca dos benefícios gerados pelo seu consumo. Além disso, estudos comprovam que o sabor vem sempre em primeiro lugar, antes de qualidade, preço, conveniência ou confiança nas propriedades do alimento (Siró *et al.*, 2008).

As algas também oferecem grandes promessas de sucesso, de acordo com os "rankings" de tendência em alimentação. Nos meios de comunicação, notícias circularam dizendo que as algas marinhas seriam o superalimento em 2016¹⁰¹/2017¹⁰².

¹⁰¹ Food Business News: Seaweed 'the next superfood,' says Mintel. Disponível em: http://www.foodbusinessnews.net/articles/news_home/New-Product-Launches/2016/03/Seaweed_the_next_superfood_say.aspx?ID=%7B4B356EF4-D352-4E2A-B12E-853D3FECB2AB%7D&cck=1 (Acessado em: 01/06/2017)

Além disso, 3 de 17 "rankings" de tendências em alimentação para 2017, colocam as algas entre as fortes candidatas, conforme reportado pela empresa de aditivos alimentares naturais Kalsec^{®103}. Outras tendências como "foco no uso de vegetais", "vegetarianos de meio-expediente", "alimentação saudável" e "comida japonesa e havaiana" relacionam-se, ainda, de maneira indireta, com o tema das algas marinhas.

No contexto português, uma outra fonte valiosa de informações é o relatório quadrienal intitulado "Balança Alimentar Portuguesa", elaborado pelo Instituto Nacional de Estatística. Na última publicação, referente ao período de 2012 a 2016, observa-se um aumento no consumo de produtos hortícolas (+14,4%) e raízes e tubérculos (+5,2%), acompanhado de uma queda no consumo de pescados (-13,4%), bebidas alcoólicas (-10,9%), leite e produtos lácteos (-7,1%), óleos e gorduras (-5,3%) e carnes (-3,5%). Essa tendência também é verificada para os anos anteriores (INE, 2014, 2016).

Apesar da análise sob a perspectiva económica¹⁰⁴ no sumário executivo, é evidente uma mudança no perfil de consumo da população em direção a uma dieta mais rica em vegetais e reduzida em proteínas de origem animal, refletindo preocupações da alimentação moderna. Um olhar mais atento mostra ainda alguns detalhes reveladores, tais como: o aumento no consumo de açúcares, representado, em especial, pela utilização de mel; entre as bebidas não-alcoólicas, um salto relevante no consumo de sumos naturais; aumento no consumo de estimulantes, como o cacau em detrimento do café (INE, 2016). Conclui-se, dessa forma, que uma boa parte dos dados somente corrobora a hipótese da adoção de uma dieta mais saudável.

Um aumento significativo na oferta de produtos à base de algas, tanto em Portugal, como no resto do mundo, é esperado para os próximos anos. Para um processo de inovação contínua é importante acompanhar esses estudos e tendências, pois eles podem criar novos nichos de mercado e ajudar na orientação do posicionamento de "marketing".

¹⁰² **The Telegraph: Seaweed, this year's superfood.** Disponível em: <http://www.telegraph.co.uk/food-and-drink/news/seaweed-this-years-superfood-sales-soar-as-it-swims-into-the-mai/> (Acessado em: 01/06/2017)

¹⁰³ **Kalsec[®]: Top Food Trend Predictions for 2017.** Disponível em: <https://www.kalsec.com/food-trends-2017/> (Acessado em: 01/06/2017)

¹⁰⁴ Que atribui boa parte das variações à crise económica e ao aumento do IVA das bebidas.

4.3.3 Estilos e Ferramentas de Criação

A compreensão do processo criativo em cozinha e dos conceitos subjacentes pode ser uma poderosa ferramenta de inovação. Para auxiliar no processo de desenvolvimento de novos produtos, buscou-se inspiração no trabalho de alguns chefs, com ênfase no de Ferran Adrià e nas ferramentas empregadas para combinar ingredientes, em particular, o "food pairing" (**Anexo 8.4**).

ESTILOS: O CASO ELBULLI

O chef Ferran Adrià destaca-se pela sua capacidade criativa, de sistematização e síntese de sua obra. Durante o ano de 2002, o cozinheiro e a equipa do laboratório de pesquisa, o "elBulli Taller", debruçaram-se sobre a obra dos vinte anos anteriores, para analisá-la e refletir (Todol, 2009). Dessa investigação, emergiram os estilos e características da sua cozinha, baseada em conceitos como "autóctone como estilo", "influências de outras cozinhas", "adaptação e desconstrução", "minimalismo e pluralismo" e "mimetismo culinário" (Pujol, 2009).

Abaixo, segue uma breve descrição de cada um deles, além de alguns exemplos de uso na obra de Adrià:

AUTÓCTONE COMO ESTILO & INFLUÊNCIAS DE OUTRAS COZINHAS

As cozinhas local e estrangeira são fontes basicamente de "inspiração", onde o cozinheiro vai buscar subsídios para criação de pratos que sejam, ao mesmo tempo, inovadores e fiéis à tradição. No receituário do elBulli, temos, orientado pelos sabores mediterrâneos da região, o prato "salmonetes 'Gaudí'" (1987, nº 10 – **Figura 4.10A**), e pelos sabores de outros países (Tailândia, Japão e México), o prato "viagem pelo mundo" (2001, nº 752 – **Figura 4.10B**). Boa parte dos produtos e pratos desenvolvidos para esta tese utilizou, como fonte de inspiração, o receituário da cozinha tradicional portuguesa e as aplicações com algas em outras cozinhas ao redor do globo.

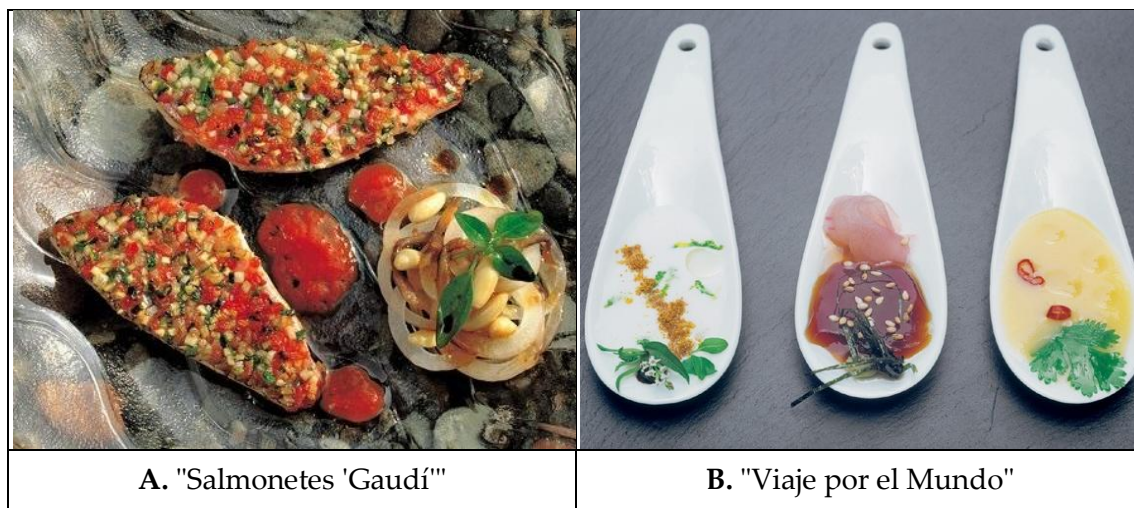


Figura 4.10 elBulli | Exemplos de Inspiração na Cozinha Autóctone e Estrangeira
[Crédito: Ferran Adrià]

ADAPTAÇÃO & DESCONSTRUÇÃO

A "adaptação" é o mesmo processo que muitas empresas empregam para desenvolver produtos nas categorias "extensão de linha", "reformulação" e "nova forma para um produto existente", conforme visto anteriormente. Em cozinha, trata-se da adaptação de um receituário existente, próprio ou não, de maneira a transformá-lo num outro prato. Como exemplo, temos a "sangria branca em suspensão" (2005, nº 1093 – **Figura 4.11A**), onde o chef empregou diversas técnicas (esferificação, liofilização e congelamento) para mudar as texturas das frutas do coquetel e também utilizou goma xantana para espessar a bebida, mantendo todos os elementos em suspensão.

A "desconstrução" é um estilo culinário – e também um exercício de adaptação – que decompõem os ingredientes de pratos comuns, no todo ou parcialmente, em vários elementos, buscando brincar com as texturas, formas, temperaturas, etc. O prato desconstruído não tem nada a ver com o original em termos de aparência, porém conserva a identidade e, no conjunto, o sabor de referência. Um exemplo clássico na cozinha de Adrià é a desconstrução da "tortilla", no prato "evolução da espuma quente de batatas" (1998, nº 491 – **Figura 4.11B**).



Figura 4.11 elBulli | Exemplos de Adaptação e Desconstrução

[Crédito: Ferran Adrià]

MINIMALISMO & PLURALISMO



Figura 4.12 elBulli | Exemplos de Minimalismo

[Crédito: Ferran Adrià]

O "minimalismo" busca trabalhar a pureza e simplicidade dos sabores, recorrendo a um ou alguns poucos ingredientes para composição do prato. Quando se

trabalha apenas com um ingrediente, é comum usar expressões como "(ingrediente)ⁿ", "declinação de..." ou "... em texturas". Como exemplo, podemos citar os pratos "tomates em texturas" (1996, nº 349 – **Figura 4.12A**) e "lagostim com quinoa³" (1995, nº 1173 – **Figura 4.12B**).

Acontece o "pluralismo" quando diversos ingredientes entram no mesmo prato com o propósito de remeter a um sabor ou elemento único. Foi mostrado anteriormente um prato com algas, intitulado de "o mar" (2006, nº 1293 – **Figura 3.7**), que destaca esse conceito. Podemos também ver essa perspectiva no prato "terroso" (2005, nº 1159 – **Figura 4.13A**), onde todos os ingredientes (trufas, cogumelos, alcaçuz, beterraba, batata, etc.) remetem ao sabor de terra; assim como no prato "variação vermelha" (2005, nº 1189 – **Figura 4.13B**), em que todos os ingredientes (framboesa, morango, melancia, toranja, etc.) estão associados à cor vermelha. As algas são excelentes ingredientes para se trabalhar dessa maneira, porque possuem perfis aromáticos que remetem a outros ingredientes do mar e, dessa forma, podemos conjugá-las de maneira a se obter um sabor-alvo. Alguns caldos de algas foram confeccionados de forma a imitar os sabores dos caldos da cozinha clássica.

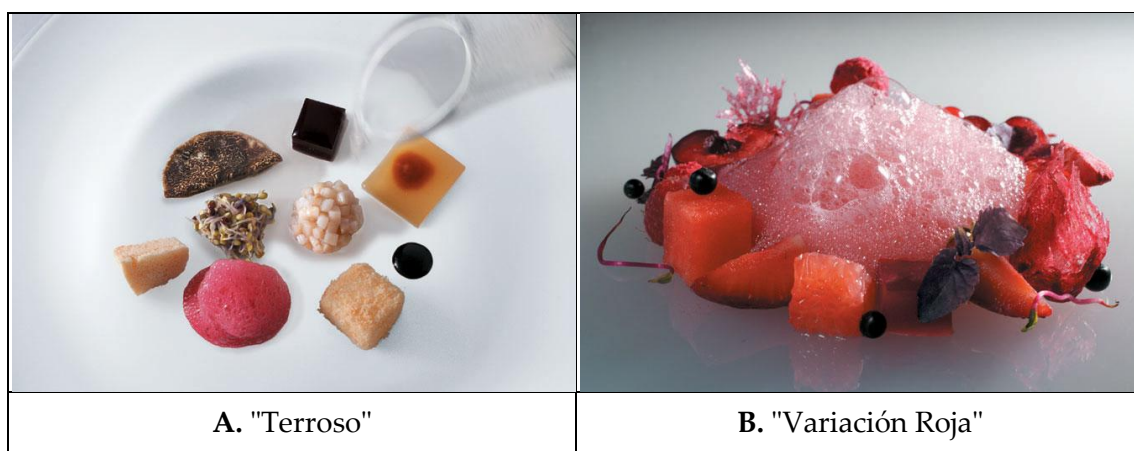


Figura 4.13 elBulli | Exemplo de Pluralismo

[Crédito: Ferran Adrià]

MIMETISMO CULINÁRIO

O mimetismo¹⁰⁵ é uma palavra que vem do grego "*mimetés*" (μιμητής) que significa imitar. Enquanto estilo culinário, refere-se ao acto de criar pratos que sejam a cópia fiel de elementos ou cenas da natureza. Ferran e seu irmão, Albert Adrià, já vinham explorando essa ideia na cozinha do elBulli, desde muitos anos; mas, é somente no ano de 2008, com a publicação da obra "*Natura*", que o "mimetismo" se materializa enquanto novo conceito.



Figura 4.14 elBulli | Exemplos de Mimetismo Culinário

[Crédito: Ferran Adrià]

¹⁰⁵ Na biologia, é um termo técnico para descrever a "semelhança que certos seres vivos tomam, ora com o meio em que habitam, ora com as espécies mais protegidas, ora ainda com as espécies à custa das quais vivem". "mimetismo", in **Dicionário Priberam da Língua Portuguesa** [em linha]. Disponível em: <https://www.priberam.pt/dlpo/mimetismo> (Acessado em: 01/06/2017).

Ele pode ser ilustrado através dos pratos: "algas" (2008, nº 1539 – **Figura 4.14A**); "amendoins miméticos de chocolate branco e cacau" (2011, nº 1841 – **Figura 4.14B**); "ligueirão 2008" (2008, nº 1491 – **Figura 4.14C**); "percebes da 'rua Montjoi' 2011" (2011, nº 1716 – **Figura 4.14D**). Vale destacar que o "falso ligueirão" é, na verdade, um caldo de alga erva-malagueta (*Osmundea pinnatifida*, Rhodophyta), encapsulado e servido com *Bifurcaria bifurcata* (Phaeophyceae). Essa abordagem pode ser bastante inspiradora para o desenvolvimento de produtos inovadores e criativos.

Estes conceitos estão longe de ser exaustivos, e cada cozinheiro possui o seu estilo próprio na hora de criar pratos: ingredientes ou técnicas como ponto de partida, pesquisas históricas, fluxos criativo-associativos, receitas familiares ou memórias afetivas são algumas das possibilidades. A verdade é que a capacidade de desenvolver uma linguagem própria para expressar o seu potencial artístico, é que diferencia os chefs criativos daqueles convencionais.

4.4 Análise Sensorial de Massas Alimentícias com Algas

4.4.1 Aspetos Gerais

A análise sensorial é um método científico que evoca, mede, analisa e interpreta as respostas dos indivíduos aos produtos, usando os sentidos como ferramenta de avaliação. Assim como outros métodos científicos que utilizam mensuração, a análise sensorial está preocupada com aspetos tais como exatidão, precisão, sensibilidade, bem como em evitar resultados falso-positivos (especificidade). A avaliação sensorial confiável é baseada na habilidade do avaliador em otimizar quatro fatores, que são: (Choi, 2014)

1. Definição do problema: o item a ser medido deve ser definido com precisão;
2. Desenho do teste: não só o projeto deve levar em conta fontes desconhecidas de viés, como também minimizar a quantidade de testes necessários para produzir a precisão desejada dos resultados;
3. Instrumentação: o painel deve ser selecionado e treinado para dar um resultado reprodutível.

4. Interpretação dos resultados: o analista deve selecionar as estatísticas apropriadas, com base em pressupostos corretos, e apenas tecer conclusões que são corroboradas pelos dados.

A análise sensorial, como ferramenta de medição, apresenta três importantes vantagens: determina presença ou ausência de diferenças perceptíveis; reconhece e qualifica as características sensoriais importantes de forma rápida; identifica aspectos subjetivos que não podem ser detetados por outros procedimentos analíticos. (Garruti *et al.*, 2012)

Alguns dos aspectos importantes, que devem ser controlados durante a preparação de um painel de análise sensorial, são: (Choi, 2014)

1. Seleção do painel: painel descritivo (requer treinamento) ou painel de consumidores (requer apenas orientação).
2. Controle do ambiente: variáveis como temperatura, humidade, circulação do ar, cores e iluminação devem ser criteriosamente regulados de maneira a influenciar minimamente nos resultados da avaliação.
3. Controle do produto: as amostras devem ser preparadas e apresentadas de maneira uniforme (tamanho das porções, tempo de cocção, temperatura de serviço, prazo de validade, etc.) de forma a não influenciar na percepção dos participantes sobre a qualidade do alimento.

Os dois tipos de testes sensoriais são: analítico e afetivo. Testes analíticos são baseados em diferenças discerníveis, enquanto os testes afetivos são baseados na aceitação ou preferências pessoais, recorrendo geralmente a escalas hedônicas, que permitem transformar avaliações subjetivas em dados objetivos. Os testes analíticos são ainda divididos em dois tipos: testes de diferença (ou discriminativos) e testes descritivos. Dependendo da finalidade pretendida, os testes afetivos podem ser do tipo aceitação ou preferência. O objetivo principal do teste de aceitação é o de graduar o grau de afinidade ou rejeição a um determinado produto, enquanto os testes de preferência focam em identificar qual item é o preferido, em relação aos demais. A avaliação pode, ainda, ser feita individualmente ou em grupo de foco, tendo este último, o objetivo aprofundar a pesquisa qualitativa (Choi, 2014).

A avaliação por categorias mais popular em análise sensorial é a escala hedônica (que mede o quanto o consumidor gostou ou desgostou de um determinado atributo da amostra). Devido à sua simplicidade, escalas de categoria são as mais indicadas para os painéis com potenciais consumidores. Nesse caso, as perguntas feitas

aos participantes devem ser passíveis de serem respondidas por pessoas sem treinamento prévio. Além disso, as escalas estruturadas por categorias oferecem algumas vantagens, no que concerne à codificação e tabulação dos dados (Choi, 2014).

Para a caracterização sensorial de produtos alimentares por parte dos consumidores, um método que vem ganhando popularidade é o CATA ("*Check-All-That-Apply*" ou "Marque Tudo Que se Aplique") devido à sua rapidez, simplicidade e facilidade de uso. Nele, é fornecido ao provador uma lista de possíveis atributos, devendo o mesmo indicar aqueles que se aplicam à amostra, podendo ainda acrescentar outros. Além disso, os atributos podem ser gerados de várias maneiras, como, por exemplo, através de "grupos de foco" ou painéis treinados (análise descritiva). Os dados são estatisticamente tratados e apresentados como pontos, dispersos no plano, que podem ser, assim como no caso da Análise de Componentes Principais (ACP), agrupados de acordo com a afinidade pela amostra. A análise CATA também pode ser usada na gênese de mapas de preferências, correlacionando a avaliação hedônica com os atributos sensoriais (Garruti *et al.*, 2012).

Em suma, o CATA é um método que permite reunir informações sobre a percepção do consumidor relativamente a uma série de atributos – neste caso, as propriedades organolépticas dos produtos alimentares, permitindo criar um rápido perfil para as amostras, a partir de observações de avaliadores não treinados (Meyners, Castura and Carr, 2013).

Como dito anteriormente, apesar dos progressos no campo da análise instrumental, a análise sensorial continua sendo a ferramenta padrão para avaliação das qualidades organolépticas e aceitação de um produto pelo mercado consumidor. Além disso, também é possível avaliar outros comportamentos, tais como a intenção de consumo e de compra. A análise sensorial estabelece-se, ainda, como uma importante ferramenta de "marketing", uma vez que é possível inferir, através do questionário de recrutamento, quais as características demográficas (idade, sexo, nível educacional, rendimentos, etc.) que definem o público-alvo.

Um dos objetivos básicos do presente trabalho é o desenvolvimento de produtos que sejam vegetarianos, funcionais e/ou ecologicamente sustentáveis. Porém, é primordial criar soluções que sejam apelativas, sob a ótica das características organolépticas. Isso porque os sentidos atuam como os guardiões de nossos corpos e, dessa forma, os benefícios de um alimento somente serão colhidos, se nossos sentidos

aceitá-lo. Dessa forma, de nada vale atingir essas metas, se os produtos em questão não forem aceitos pelo mercado consumidor.

4.4.2 Grupo de Foco

O grupo de foco pode ser definido como uma técnica de pesquisa, que coleta informações por meio das interações de um grupo ao se discutir um tópico proposto pelo mediador. Ele também pode ser entendido como um grupo de discussão, muitas vezes informal e de tamanho reduzido, com o propósito de obter informações de caráter qualitativo, em profundidade. O grupo focal difere da entrevista individual por basear-se na interação entre as pessoas, para obtenção dos dados necessários à pesquisa (Gomes and Barbosa, 1999; Bomfim, 2009).

Existem três modalidades de grupos focais: exploratórios, clínicos e vivenciais. Os grupos exploratórios estão centrados na produção de conteúdos, podendo ser utilizados também na geração do conhecimento necessário para a construção de instrumentos de medidas. Sua ênfase reside naquilo que permite identificar os aspectos comuns de um produto-alvo (Gondim, 2002). Neste caso, muitas vezes a técnica empregada é a da "livre associação", isto é, um tema é proposto pelo moderador aos entrevistados, devendo estes descreverem o que sentem.

Como dito no capítulo anterior, os grupos de foco podem ser utilizados como ferramenta para desenvolver um perfil de descritores aromáticos para um determinado produto (*profiling*). No caso do presente trabalho, pedimos a alguns colegas – professores e alunos do Mestrado em Ciências Gastronômicas – para expressarem qual o aroma associavam com a amostra de alga fornecida para apreciação. Os resultados encontram-se tabelados abaixo (**Tabela 4.3**) e foram o ponto de partida para a construção dos descritores aromáticos do campo CATA, na ficha de avaliação sensorial (vide **Anexo 8.5**), além de fornecerem alguns "insights" acerca das substâncias protagonistas nos perfis de voláteis das algas, obtidos por GC-MS.

Tabela 4.3 Algumas das Algas Estudadas e seus Descritores de Aroma

ALGAS	DESCRITORES DE AROMA
Alface-do-mar (<i>Ulva</i> sp.)	Chá verde, milho cozido, aspargos, maresia.
Chorão-do-mar (<i>Codium tomentosum</i>)	Mariscos, percebes, maresia.
"Wakame" (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Clorofila, couve galega, caldo verde.
Limo-corriola (<i>Saccorhiza polyschides</i>)	Pepino, melão, iodado.
Cabelo-de-velha (<i>Gracilaria gracilis</i>)	Peixe (decomposição), cogumelos, terroso.
Erva-malagueta (<i>Osmundea pinnatifida</i>)	Trufas, pungente, mexilhão, lagosta.
Musgos (<i>Chondracanthus teedei</i> var. <i>lusitanicus</i>)	Suave, cogumelos, terroso.
Erva-patinha (<i>Porphyra</i> sp.)	Chá preto, nozes, amadeirado, maresia.
"Dulse" (<i>Palmaria palmata</i>)	Peixe (em conserva), floral, frutado, amêndoas.

4.4.3 Teste Afetivo de Aceitação

No presente trabalho, a metodologia adotada para análise sensorial foi o "teste afetivo de aceitação" (individual) para avaliar a opinião dos provadores em relação às massas alimentícias enriquecidas com algas (Meilgaard, Civille and Carr, 1999). Para o referido teste, foram elaboradas – conforme descrito no **Anexo 8.5** – três amostras de massas alimentícias: uma controle com 100% semolina (Semolina); duas de semolina com 4% de alface-do-mar (*Ulva*) e com 4% de erva-patinha (*Porphyra*).

A concentração de algas desidratadas escolhida para as massas teve como ponto de partida os resultados obtidos em outros painéis e testes reológicos, referenciados na literatura. Conclui-se, nos artigos avaliados, que concentrações até 2,5%, para a alga *Sargassum marginatum* e, entre 5% e 10%, para a "wakame" (*Undaria pinnatifida*), geraram resultados positivos, em termos de avaliação instrumental e sensorial. Acima de determinados valores, os relatos foram de que o produto tinha gosto demasiado forte de alga (10% para "wakame") ou peixe (1% para microalgas *Isochrysis galbana* e *Diacronema vlkianum*), além de queixas relacionadas ao excesso de sal (Kadam and Prabhasankar, 2010; Fradique *et al.*, 2013). Além disso, a adição de

"wakame" em quantidades superiores a 20%, teve efeito contrário em relação aos aspetos reológicos positivos, alcançados em concentrações inferiores; isto é, reforço da rede de glúten, diminuição da perda pela cocção, aumento da firmeza (Prabhasankar *et al.*, 2009). Com base no exposto e na ausência de bibliografia para massas alimentícias com as algas elegidas¹⁰⁶, optou-se por uma concentração intermediária entre os 2,5% e 5%.

As massas alimentícias foram avaliadas por um painel de 60 provadores não treinados que preencheram uma ficha de avaliação para cada uma das três amostras, além de um formulário de recrutamento (vide **Anexo 8.5**). A avaliação foi feita por meio de escala hedónica estruturada de 1 a 9 pontos, sendo os extremos (1) "desgostei extremamente" e (9) "gostei extremamente", para a qualificação dos atributos referentes à aparência, cor, aroma, textura, sabor e impressão global; já os extremos (1) "extremamente adequada" e (9) "extremamente inadequada", para qualificação da adequação alimentar (Lim, 2011). Para avaliar a intenção de consumo e de compra, empregou-se a "escala de ação", estruturada de 1 a 7 pontos, sendo os extremos as categorias (1) "sempre consumiria/compraria" e (7) "nunca consumiria/compraria" (Schutz, 1965).

As provas foram realizadas, no Departamento de Química da FCT/UNL, por funcionários e alunos que voluntariamente se dispuseram a participar. Os atributos que qualificam as amostras foram apresentados com uma lista de termos, e foi pedido, aos participantes, que seleccionassem todos aqueles que considerassem adequados para caracterização do produto. Havia, ainda, um espaço para que fossem adicionados atributos ausentes na lista; Ou seja, optou-se por utilizar o método CATA.

As amostras foram avaliadas numa única sessão, sendo codificadas com três dígitos. Após uma breve orientação sobre a degustação, as três provas foram servidas em pratos plásticos, com sequenciamento aleatório – para evitar viés – e tomando o cuidado para não gerar fadiga¹⁰⁷ (**Figura 4.15**). Foram providenciados guardanapos, água e bolachas tipo "água e sal", para que os participantes pudessem limpar a boca e o palato.

¹⁰⁶ Pesquisas pelos termos "*Ulva*" e "*Porphyra*" em conjunto com "pasta" (no título de artigos) retornaram nenhum resultado na ferramenta de pesquisa **Web of Science** [<https://www.webofknowledge.com/>].

¹⁰⁷ O ideal é que sejam servidas, no máximo, 4 provas por sessão (Choi, 2014).



Figura 4.15 Análise Sensorial de Massas Alimentícias com Algas Marinhas
[Crédito: Bruno Moreira Leite]

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Compostos Orgânicos Voláteis em Algas Marinhas

5.1.1 Resultados da Análise Instrumental

Através da GC-MS foi possível identificar um total de 167 compostos orgânicos nas 7 diferentes algas analisadas, dentre os quais 57 diferentes entre si: 28 aldeídos; 4 alcoóis; 10 hidrocarbonetos (4 alcanos e 6 alcenos); 3 éteres; 8 cetonas; 4 grupos funcionais diversos (1 sulfurado e 3 compostos orgânicos halogenados, 2 contendo iodo e 1 bromado).

Foram confirmadas 25 substâncias na alface-do-mar (*Ulva rigida*) fresca e 14 na seca, 16 no chorão-do-mar (*Codium tomentosum*), 24 na "wakame" (*Undaria pinnatifida*), 17 no limo-corriola (*Saccorhiza polyschides*), 16 na cabelo-de-velha (*Gracilaria gracilis*), 34 na erva-malagueta (*Osmundea pinnatifida*) e 21 nos musgos (*Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*).

O objetivo principal da análise instrumental foi o de construir um perfil de voláteis para cada uma das sete algas marinhas coletadas e trabalhadas, confrontando seus resultados com aqueles obtidos através do grupo de foco (análise sensorial). Normalmente, o estudo sobre a química do sabor de um ingrediente procura quantificar o impacto ou a contribuição de cada composto volátil na amostra para o aroma total deste (Johnson, 2014).

É preciso recorrer aos limiares de detecção porque compostos presentes, mesmo em pequena quantidade na amostra, podem ter um impacto significativo em termos de aroma, enquanto outras substâncias, apesar de existirem em maior quantidade, podem ter efeito quase nulo por se encontrarem abaixo do limiar (Johnson, 2014). Este é o caso da maioria dos hidrocarbonetos e álcoois de cadeia longa, presentes nos alimentos, que possuem, normalmente, aroma brando e limiares de detecção bem superiores aos aldeídos e cetonas.

Desse modo, foi preciso adotar uma metodologia que identificasse quais os compostos são protagonistas nesses perfis, recorrendo-se ao conceito de "valor da atividade de odor" ("Odour Activity Value" ou OAV).

O OAV pode ser definido como a concentração da substância na amostra dividida pelo seu "limiar de detecção" ("Odour Threshold Value" ou OTV) numa matriz ou solução modelo, ambos na mesma escala de grandeza (por exemplo, mg/kg ou mg/L)¹⁰⁸. Quaisquer compostos encontrados em concentrações acima do limiar terão um OAV maior que 1; já aqueles abaixo do limiar terão um valor inferior a 1 (Patton and Josephson, 1957; Johnson, 2014).

Para o cálculo de OAV, contudo, é desejável que se quantifique os compostos voláteis na amostra analisada, tarefa que não se encontra no escopo do presente trabalho. Consequentemente, optou-se por utilizar esse conceito apenas a título de referência¹⁰⁹, empregando-se a razão percentual da área do pico do composto em relação à área total do cromatograma¹¹⁰ como um sucedâneo à concentração das substâncias da amostra (Cachet *et al.*, 2011).

Para normalizar os valores de OAV_{ref} e adotar uma escala de grandeza adimensional, decidiu-se trabalhar com o "valor da atividade de odor relativa" ("Relative Odour Activity Value" ou ROAV). Este índice é calculado da seguinte maneira: o valor máximo de 100 é atribuído ao composto com o maior OAV (OAV_{max}) e os demais compostos são calculados por "regra de três", como uma fração deste valor¹¹¹ (Cui, Liu and Li, 2010). Para representar graficamente os perfis de voláteis de cada alga, foram selecionados os 12 compostos aromáticos mais relevantes (OAV_{ref} > 10) e, com base no ROAV, construídos gráficos tipo radar (Culleré *et al.*, 2010).

Apenas foram encontrados estudos sobre compostos orgânicos voláteis e análise por cromatografia gasosa para as algas alface-do-mar (*Ulva* sp.), chorão-do-mar (*Codium tomentosum*) e "wakame" (*Undaria pinnatifida*). Nas demais espécies estudadas,

¹⁰⁸ $OAV_i = \frac{C_i}{OTV_i}$, onde C_i é a concentração do composto químico na amostra e OTV_i é o seu limiar de detecção.

¹⁰⁹ Adotou-se a nomenclatura OAV_{ref} para não haver confusão com o conceito original.

¹¹⁰ $\%Total = \frac{A_s}{\sum_i A_i} \times 100$, onde A_s é a área da substância no cromatograma e $\sum_i A_i$ é o somatório das áreas de todos os picos.

¹¹¹ OAV_{max} é o valor máximo para o OAV_i, entre todos os compostos na amostra. ROAV é calculado de acordo com a seguinte equação: $ROAV_i = 100 \times \frac{OAV_i}{OAV_{max}}$.

não foi possível confrontar as informações das análises com a bibliografia. Por causa da alta variabilidade na composição das algas, conforme a localização geográfica e época do ano, optou-se por enfatizar os compostos mais abundantes que contribuísem para a caracterização destas.

Um maior detalhe das informações, referidas na presente subsecção, pode ser encontrado no **Anexo 8.6**. Os resultados da GC-MS encontram-se resumidos nos cromatogramas e gráficos de perfis de voláteis que seguem:

ALFACE-DO-MAR // *ULVA RIGIDA* (FRESCA)

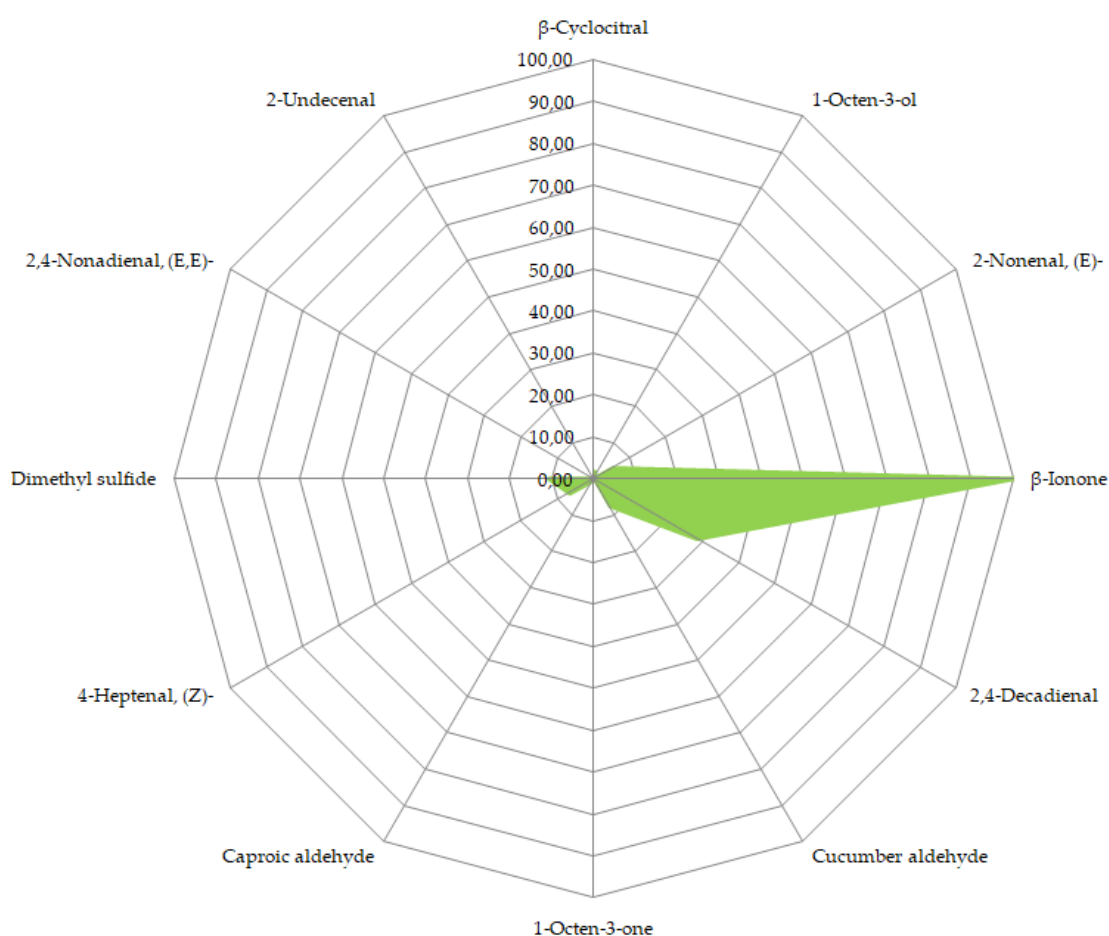


Figura 5.1 Gráfico: Perfil Aromático da Alface-do-Mar (*Ulva Rigida*) Fresca

As iononas são compostos formados por clivagem enzimática dos carotenoides, sendo muito comuns nas algas e sal marinho, assim como na maioria dos alimentos de origem vegetal, tais como frutas, flores, vinho, etc. (Silva, Rocha and Coimbra, 2010). A "β-ionona", que possui um limiar de detecção muito baixo (0,12 µg/kg; **Anexo 8.6**), contribui de maneira significativa para o perfil aromático das algas, mesmo quando

encontrada em baixas concentrações. Esse é o caso da alface-do-mar (*Ulva rigida*), onde a " β -ionona" e o "2,4-decadienal" parecem ser os compostos que mais contribuem para o seu perfil de aroma (Figura 5.1).

A " β -ionona" possui aroma floral e amadeirado com um sabor frutado que lembra as bagas e os frutos silvestres. O "2,4-decadienal", quando presente em baixas concentrações, possui aroma fresco e cítrico, mas, em maiores concentrações, confere um aroma de gordura aos alimentos, com sabor de frango frito e uma ligeira nuance de ranço (Janeš *et al.*, 2009). Ele é formado, assim como os demais aldeídos, pela conversão enzimática¹¹² ou degradação de ácidos gordos polinsaturados (Kajiwara, Matsui, *et al.*, 1993; Bredie and Petersen, 2006). Não parece coincidência que muitos chefs associem essa alga com alimentos gordurosos como pele de galinha (Ferran Adrià) ou enguia defumada (Quique Dacosta).

Estudos indicam que o "propionato de dimetilsulfônio" (DMSP) é o precursor de moléculas de sabor, tais como "sulfureto de dimetilo" (DMS), "metanotiol", "ácido 3-S-metil-3-mercaptopropiônico" (MTPA), "ácido 3-mercaptopropiônico" (MPA) e seus ésteres. As algas do género *Ulva* spp., assim como uma série de organismos do fitoplâncton, contém uma quantidade considerável de DMSP, que pode chegar até 2% do seu peso seco. Acredita-se que o DMSP nas algas possui um papel importante na osmoregulação e, quando extraído, esse composto se converte facilmente em DMS e "ácido acrílico". Além disso, a "dimetil- β -propiotetina – detiometilase" é a enzima responsável pela conversão do DMSP em DMS, pelo metabolismo das algas. Durante o verão, com a exposição ao sol e a temperaturas mais altas, as algas do género *Ulva* spp. podem libertar grandes quantidades de DMS na atmosfera das regiões costeiras (Taylor and Mottram, 1996; Fujimura and Kawai, 2000).

O DMS é o responsável pelo aroma a maresia nas algas, em especial nas verdes (Chlorophyta), estando também presente em algas vermelhas do género *Porphyra* spp. (Fujimura and Kawai, 2000). Seu aroma sulfuroso e penetrante lembra a alguns alimentos do género *Allium* spp. e *Brassica* spp., sendo ele um dos compostos responsáveis pelo sabor característico de diversos ingredientes, como trufas, aspargos e milho cozido (Mcgee, 2004).

¹¹² Essa conversão de ácidos gordos em aldeídos pode ser feita tanto pela "enzima formadora de aldeídos de cadeia longa" ("Long-Chain Aldehyde-Forming Enzyme" ou LAFE), como pela "lipoxigenase e hidroperóxido liase" ("Lipoxygenase and Hydroperoxide Lyase" ou LOX), de acordo com o aldeído formado (Fujimura and Kawai, 2000).

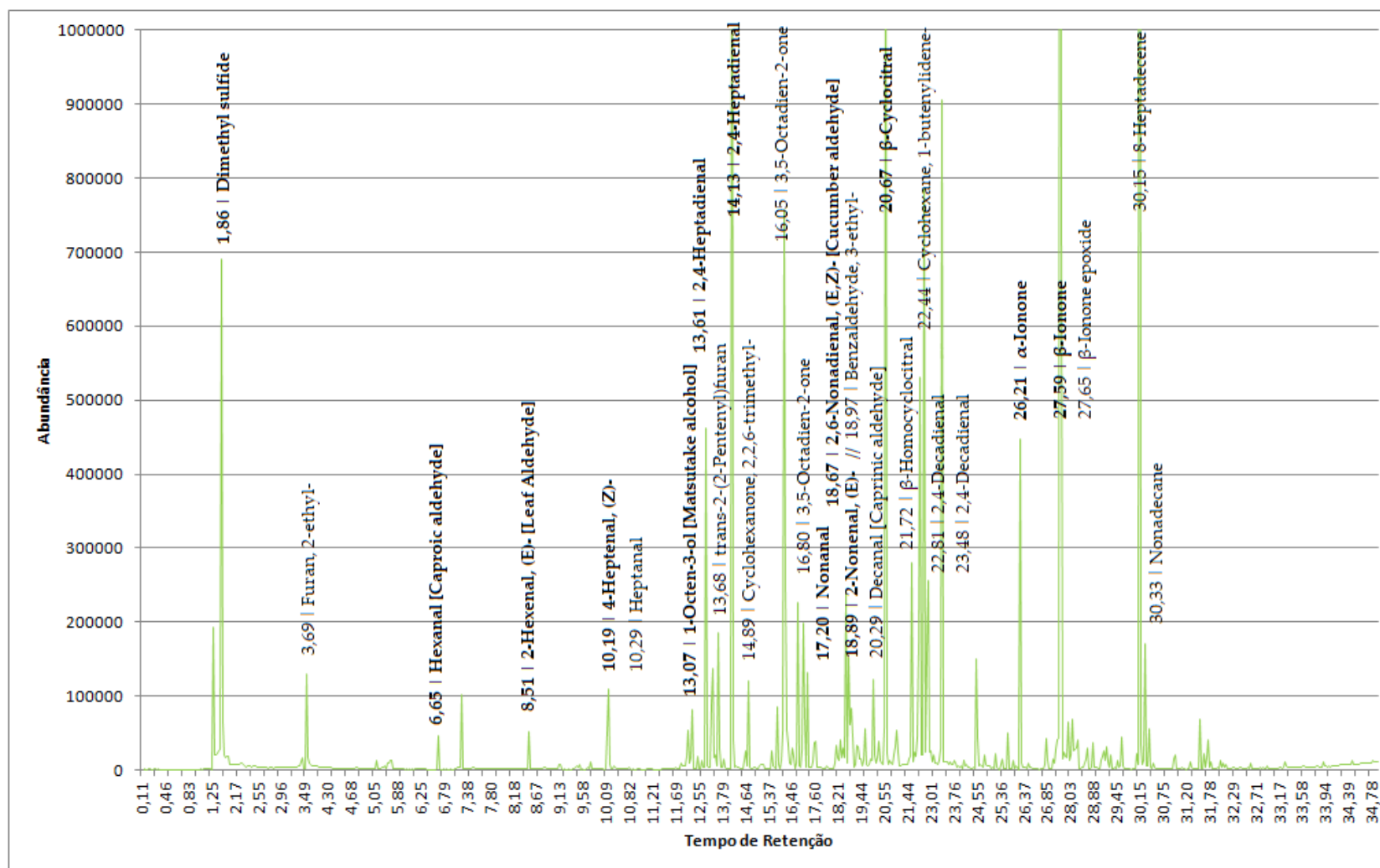


Figura 5.2 Cromatograma de GC-MS da Alface-do-Mar (*Ulva rigida*) Fresca

Outras duas substâncias importantes (**Figura 5.1**) para o aroma "verde" da alface-do-mar são: o aldeído "*trans*-2,*cis*-6-nonadienal", que possui notas de pepino e melão, e sabor ligeiramente cárneo, e o aldeído "*cis*-4-heptenal", com notas verdes penetrantes de relva cortada e chá-verde, e sabor gorduroso, com toque de laticínios (manteiga e natas).

Outros aldeídos, como o "hexanal" e "*trans*-2-hexenal" (**Figura 5.2**), podem contribuir, em menor escala, para o aroma da alface-do-mar (Sugisawa, Nakamura and Tamura, 1990). Além disso, o composto orgânico "*cis*-8,11,14-heptadecatrienal", também identificado no pepino¹¹³, parece ser relevante para a caracterização das algas do género *Ulva* spp.; não foi possível, contudo, identificá-lo nos cromatogramas, devido à ausência desse composto orgânico na base de dados da biblioteca NIST (Fujimura and Kawai, 2000). Os 25 compostos identificados na alface-do-mar correspondem a 62,25% da área total do cromatograma (vide **Anexo 8.6**).

ALFACE-DO-MAR // *ULVA RIGIDA* (SECA VS. FRESCA)

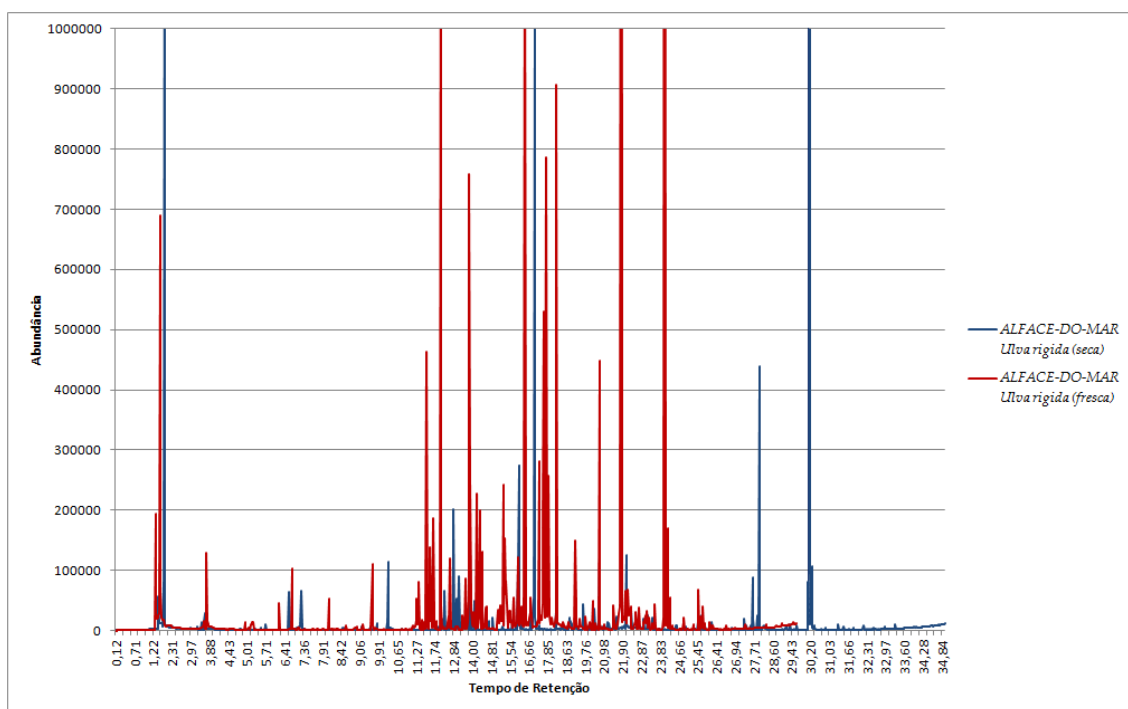


Figura 5.3 Comparação dos Cromatogramas de GC-MS da Alface-do-Mar (*Ulva rigida*) Secca e Fresca

¹¹³ Volatile Compounds in Food (VCF) | (Z,Z,Z)-8,11,14-heptadecatrienal; Disponível em: <http://www.vcf-online.nl/VcfCompoundDetails.cfm?volatkey=0306054000> (Acessado em: 01/06/2017)

Para verificar como os processos de secagem podem afetar o perfil organoléptico das algas, fez-se uma análise também da alface-do-mar, desidratada em estufa a 35 °C por 24 horas. Para calcular a proporção a ser empregada na análise, o peso da alface-do-mar fresca (3,00 g) foi comparado ao da alface-do-mar seca (0,64 g), chegando a uma razão de 4,50 g alga fresca para 1,00 g de alga seca.

O resultado da GC-MS revelou que a alface-do-mar fresca possui uma riqueza aromática muito maior do que a da alga seca, sendo possível identificar 25 e 14 compostos, respectivamente (**Figura 5.3**). Pode-se perceber, ainda, que alguns voláteis ficaram mais intensos na amostra seca. Substâncias como o "8-heptadeceno", o DMS e o "nonanal" aumentaram significativamente, e o "octanal" pôde ser identificado. Alguns fatores podem ter influenciado esse salto, tais como: reações químicas resultantes do processo de secagem e moagem, maior capacidade de carga na fibra de SPME para que os compostos pudessem ser adsorvidos, sem competir com os demais, ou, ainda, menor volatilidade.

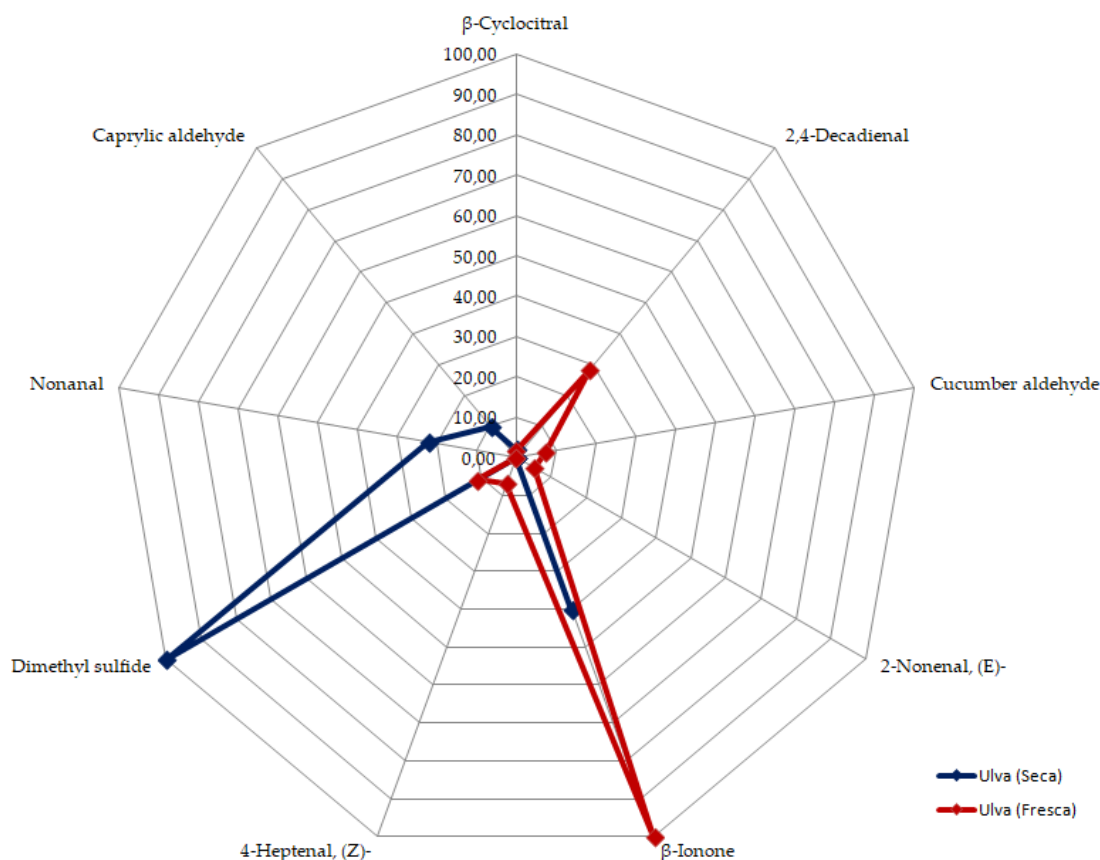


Figura 5.4 Gráfico: Comparação dos Perfis Aromáticos da Alface-do-Mar (*Ulva rigida*) Seca e Fresca

Em termos de perfil de voláteis, o DMS foi o composto que pareceu contribuir, de maneira mais significativa, para o aroma da alface-do-mar seca, juntamente com a " β -ionona", o "nonanal" e o "octanal" (aldeído caprílico), revelando um perfil com menos notas verdes e aroma mais sulfuroso e de maresia (**Figura 5.4**). Além disso, os aldeídos destacados incorporam notas florais, frutadas e/ou cítricas à alga seca.

Não foi feito nenhum estudo sobre a evolução do aroma das algas secas, de acordo com o tempo e condições de armazenamento, porém, acredita-se que alguns dos aldeídos presentes na alface-do-mar possam degradar, convertendo-se nos ácidos carboxílicos correspondentes, geralmente de sabor desagradável (Ho and Chen, 1994). Por exemplo, se o "octanal" e o "nonanal" se transformarem em grandes quantidades de "ácido octanóico"¹¹⁴ (ou caprílico) e "nonanóico"¹¹⁵ (ou pelargónico), respectivamente, será possível observar a presença de notas "suja" de gordura rançosa e queijo envelhecido. Além disso, verificou-se uma redução, ao longo do tempo, na concentração de DMS, mesmo com as amostras conservadas abaixo de -20 °C.

Poucos são os estudos que analisam as transformações das algas durante o processamento ou conservação; de modo geral, a maioria deles prioriza os aspetos nutricionais, compostos bioativos e atividade antioxidante, em detrimento das características organolépticas (LePape, Grua-Priol and Demaimay, 2002; Rajauria *et al.*, 2010; Shu and Shen, 2012; Son and Choe, 2014).

CHORÃO-DO-MAR // *Codium tomentosum*

O perfil aromático do chorão-do-mar (*Codium tomentosum*) possui algumas semelhanças com o da alface-do-mar, talvez por ambas serem algas verdes (Chlorophyta). Além da " β -ionona" e do DMS, pode-se observar a presença dominante do "*trans*-2-nonenal" e a ausência do "2,4-decadienal", além de um ligeiro aumento na importância do "1-octen-3-ol" (**Figura 5.5**).

O "*trans*-2-nonenal", assim como o "2,4-decadienal", possui um aroma do tipo gorduroso e nuances cítricas, todavia com notas mais verdes de pepino e melão. Já o álcool "1-octen-3-ol" vai incorporar um aroma terroso de cogumelos e carne de frango.

¹¹⁴ Good Scents Company | Octanoic acid (organoleptics); Disponível em: <http://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1009091.html#toorgano> (Acessado em: 01/06/2017).

¹¹⁵ Good Scents Company | Nonanoic acid (organoleptics); Disponível em: <http://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1012131.html#toorgano> (Acessado em: 01/06/2017).

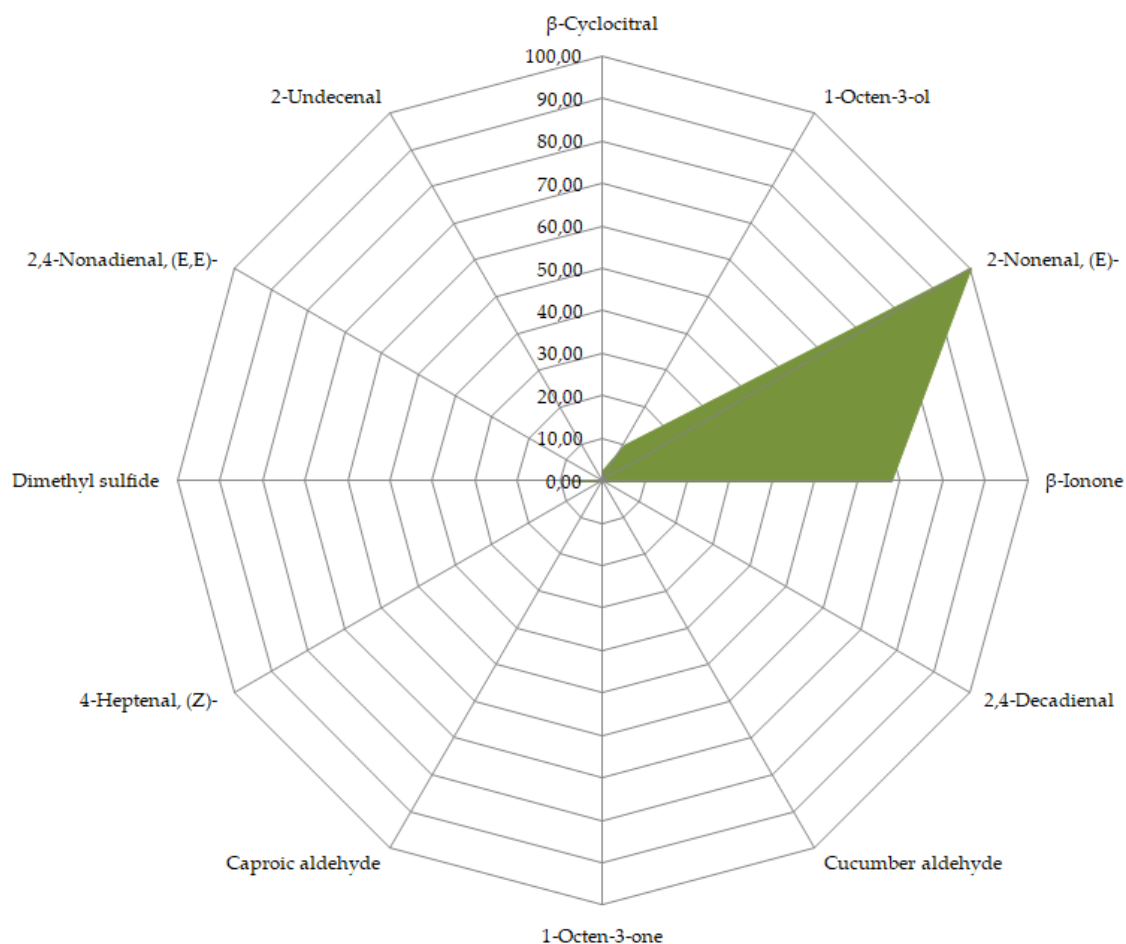


Figura 5.5 Gráfico: Perfil Aromático do Chorão-do-Mar (*Codium tomentosum*)

Apesar do aroma e sabor da alga *Codium* sp. ser associado ao de percebes (*Pollicipes cornucopia*, Arthropoda), a análise química não permitiu identificar os possíveis compostos que conferem aroma a ambos os alimentos; das algas analisadas, aquela que mais partilha voláteis com esse marisco é a alface-do-mar: 7 compostos no total, sendo 5 aldeídos ("*trans*-2,4-heptadienal", "*trans*-2,*cis*-6-nonadienal", "*trans*-2-hexenal", "heptanal", "hexanal" e "octanal"), 1 cetona ("*trans*-3,5-octadien-2-ona") e um éter ("*2*-etil-furano") (Fratini *et al.*, 2012). Os 16 compostos identificados no chorão-do-mar correspondem a 69,91% da área total do cromatograma (vide **Anexo 8.6**).

Pode-se concluir, com base no que foi discutido, que o sabor das algas verdes (Chlorophyta) é dado, maioritariamente, pela presença de DMS e de um grupo de aldeídos derivados de ácidos gordos polinsaturados.

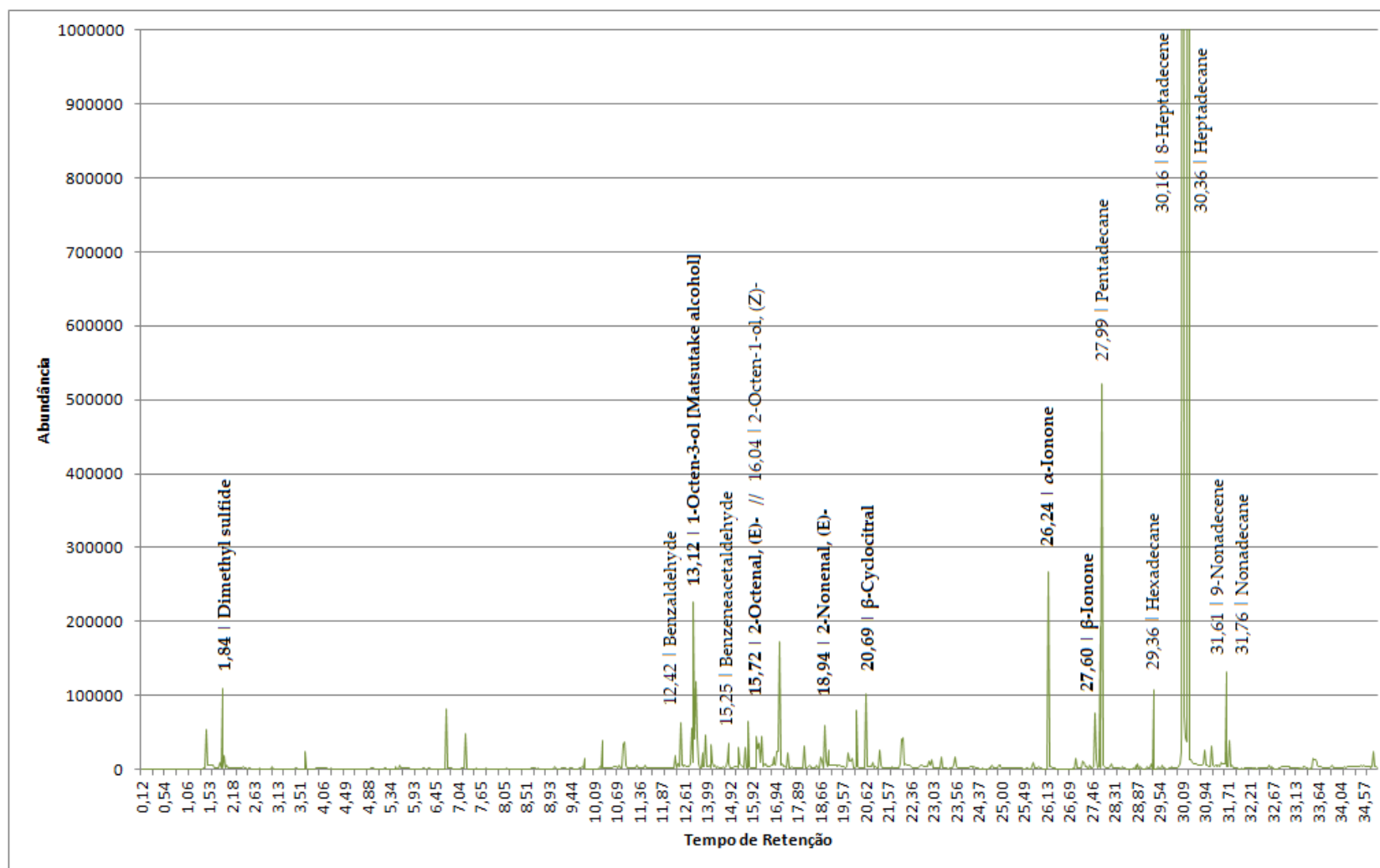


Figura 5.6 Cromatograma de GC-MS do Chorão-do-Mar (*Codium tomentosum*)

"WAKAME" | *UNDARIA PINNATIFIDA*

Na alga "wakame" (*Undaria pinnatifida*), observa-se uma predominância dos aldeídos "2-nonenal", "2,4-decadial", "*trans*-2,*cis*-6-nonadienal" (aldeído do pepino) e "hexanal" (aldeído caprótico), da cetona "1-octen-3-ona", e uma menor presença das iononas (Figura 5.7).

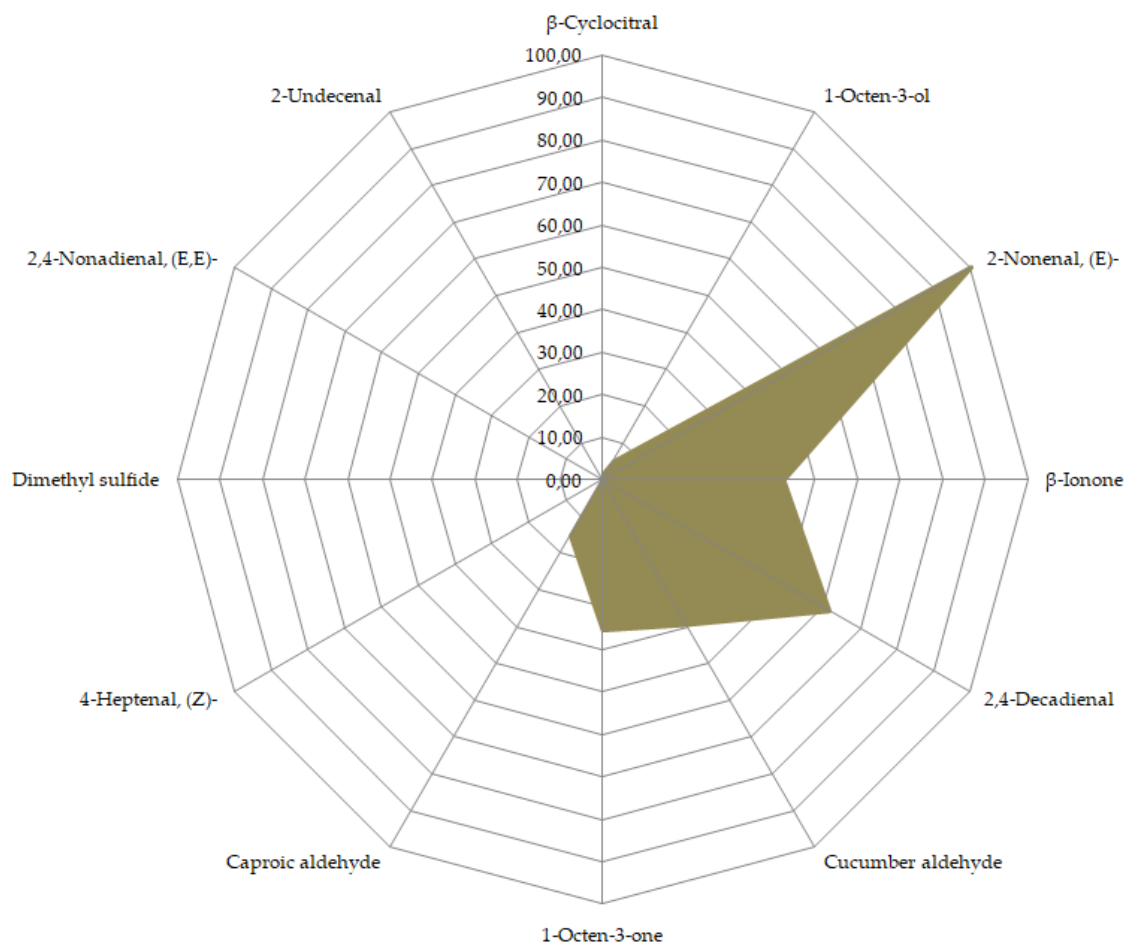


Figura 5.7 Gráfico: Perfil Aromático da "Wakame" (*Undaria pinnatifida*)

O grupo de foco manifestou, por unanimidade, que a "wakame" possui um aroma muito próximo daquele da couve-galega (*Brassica oleracea* var. *acephala*, Magnoliophyta). Dos compostos listados, aqueles que parecem contribuir mais para o aroma da "wakame", sob uma ótica sensorial, são o aldeído do pepino e o aldeído caprótico, ambos com aromas do tipo "verde".

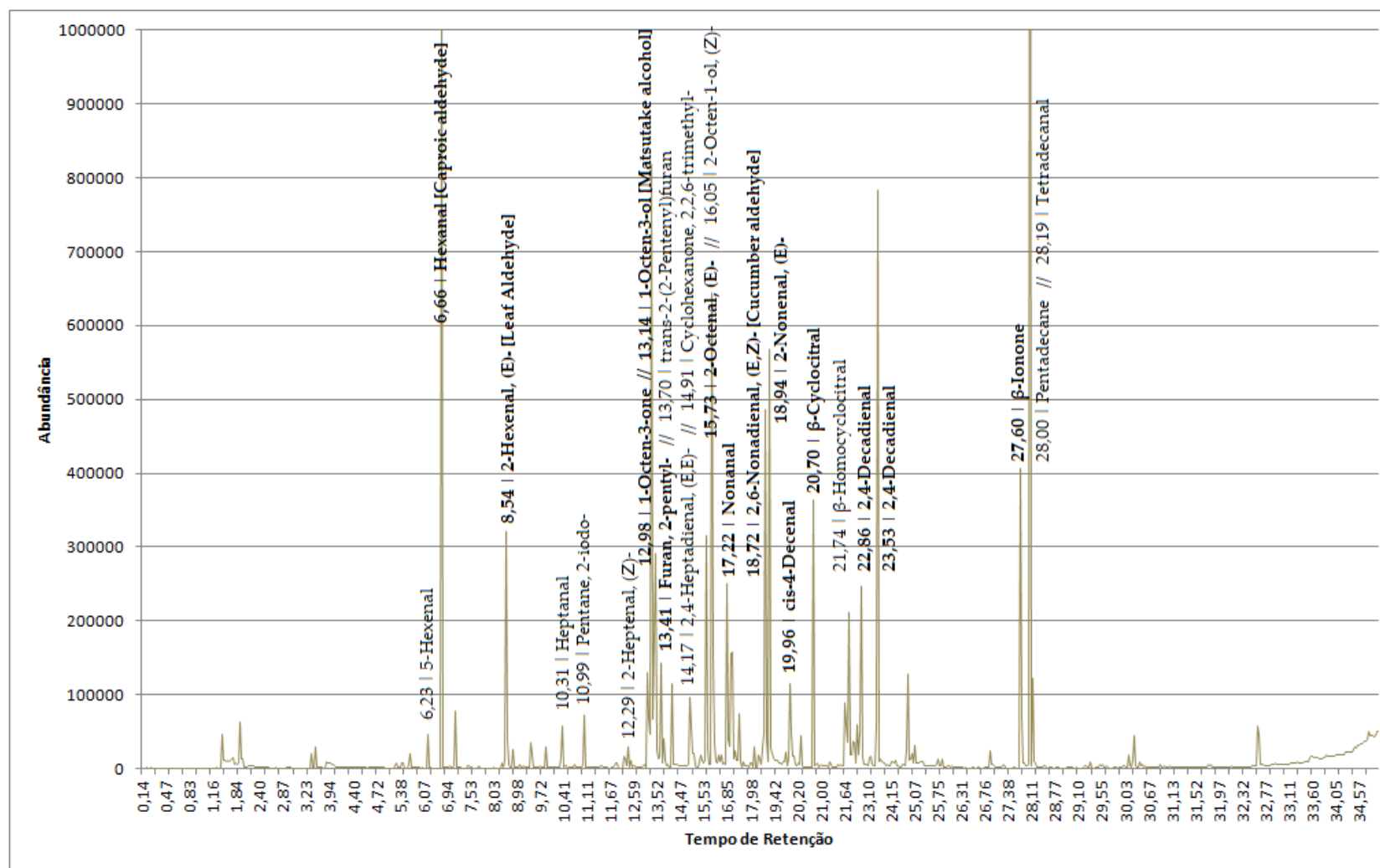


Figura 5.8 Cromatograma de GC-MS da "Wakame" (*Undaria pinnatifida*)

Observa-se, neste caso, uma limitação do modelo que atribui peso elevado aos aldeídos "2-nonenal" e "2,4-decadial", com aroma característico "gorduroso", e omite um outro composto, talvez relevante, que é o "*trans*-2-hexenal" ou "aldeído de folha" (**Figura 5.8**). Este último é encontrado não somente nas algas "wakame", como ainda é o aldeído (e o segundo composto) mais abundante nas folhas de couve-galega, possuindo aroma fresco de folhas e banana verde. Norisoprenóides como a " β -ionona" e o " β -homociclocitral", além de compostos sulfurados ("isotiocianato de alilo"), parecem também contribuir para o perfil aromático dessa verdura (Fernandes *et al.*, 2009; Balbas *et al.*, 2015).

Um dos grandes problemas do OAV é que os pesos dos compostos no perfil da amostra são atribuídos de acordo com os OTV, contudo, esses valores variam enormemente na literatura – consoante a metodologia adotada, painel de análise sensorial, matriz onde o composto é diluído, etc. –, havendo uma falta de padronização e levando a conclusões que divergem da análise sensorial (Audouin *et al.*, 2001).

Os 24 compostos identificados na alga "wakame" correspondem a 57,99% da área total do cromatograma (vide **Anexo 8.6**).

LIMO-CORRIOLA // *SACCORHIZA POLYSCHIDES*

No perfil do limo-corriola (*Saccorhiza polyschides*), para além do "*trans*-2-nonenal" e da " β -ionona", nota-se uma presença marcante do "*trans*-2,*cis*-6-nonadienal" ou "aldeído do pepino" (**Figura 5.9**). Esses protagonistas confirmam as observações empíricas de que essa alga tem um odor marcante de pepino (*Cucumis sativus*, Magnoliophyta).

Ao se confrontar o cromatograma GC-MS da alga com alguns cromatogramas realizados em um estudo sobre o vegetal, pode-se averiguar que eles compartilham cerca de 50% de voláteis, mais precisamente, o pepino possui 9 dos 17 compostos orgânicos encontrados no limo-corriola. Além disso, os dois aldeídos mais numerosos na alga, isto é, o "*trans*-2,*cis*-6-nonadienal" e o "*trans*-2-nonenal", também são aqueles do pepino (Kajiwarra, Kodama, *et al.*, 1993; Guler, Karaca and Yetisir, 2013).

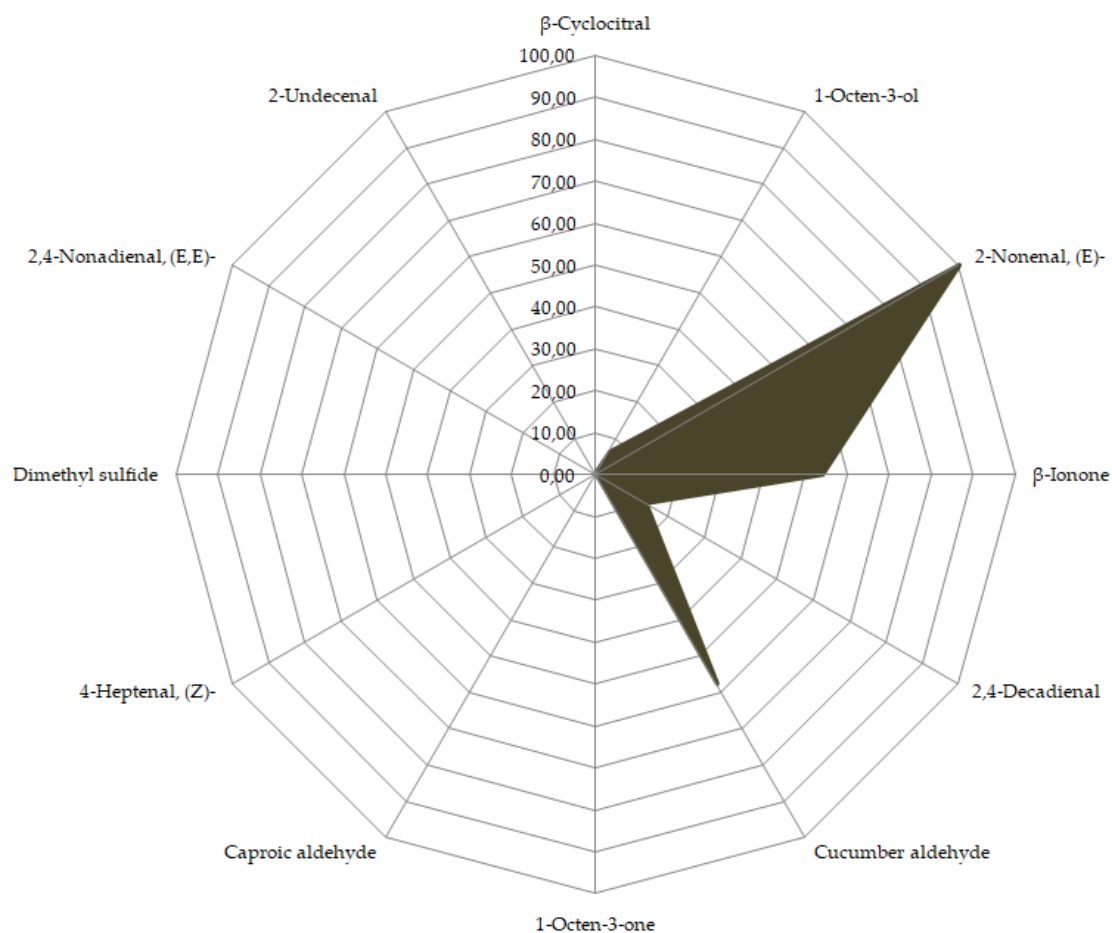


Figura 5.9 Gráfico: Perfil Aromático do Limo-Corriola (*Saccorhiza ʻ*)

Por fim, vale relembrar a importância das feromonas nas algas castanhas: o "fucoserratenol" ("1,3-*trans*,5-*cis*-octatrieno") foi a sexta substância mais abundante no cromatograma do limo-corriola (**Figura 5.10**) e parece contribuir para o seu perfil de aroma, apesar de não haver algum estudo que confirme esse facto. Tampouco, há informação disponível sobre as suas características organolépticas ou limiares de detecção, o que não permite calcular o seu OAV. Os 17 compostos identificados no "limo-corriola" correspondem a 51,38% da área total do cromatograma (vide **Anexo 8.6**).

Substâncias com iodo em sua estrutura molecular costumam ser mais comuns em algas castanhas. Identificou-se o "1-iodopentano" no limo-corriola, e o "2-iodopentano" na alga "wakame". Acredita-se que os compostos halogenados possam contribuir para o sabor das algas, porém o seu uso como aromatizante é proibido devido às propriedades tóxicas e carcinogénicas (Kajiwarra, Kodama, *et al.*, 1993).

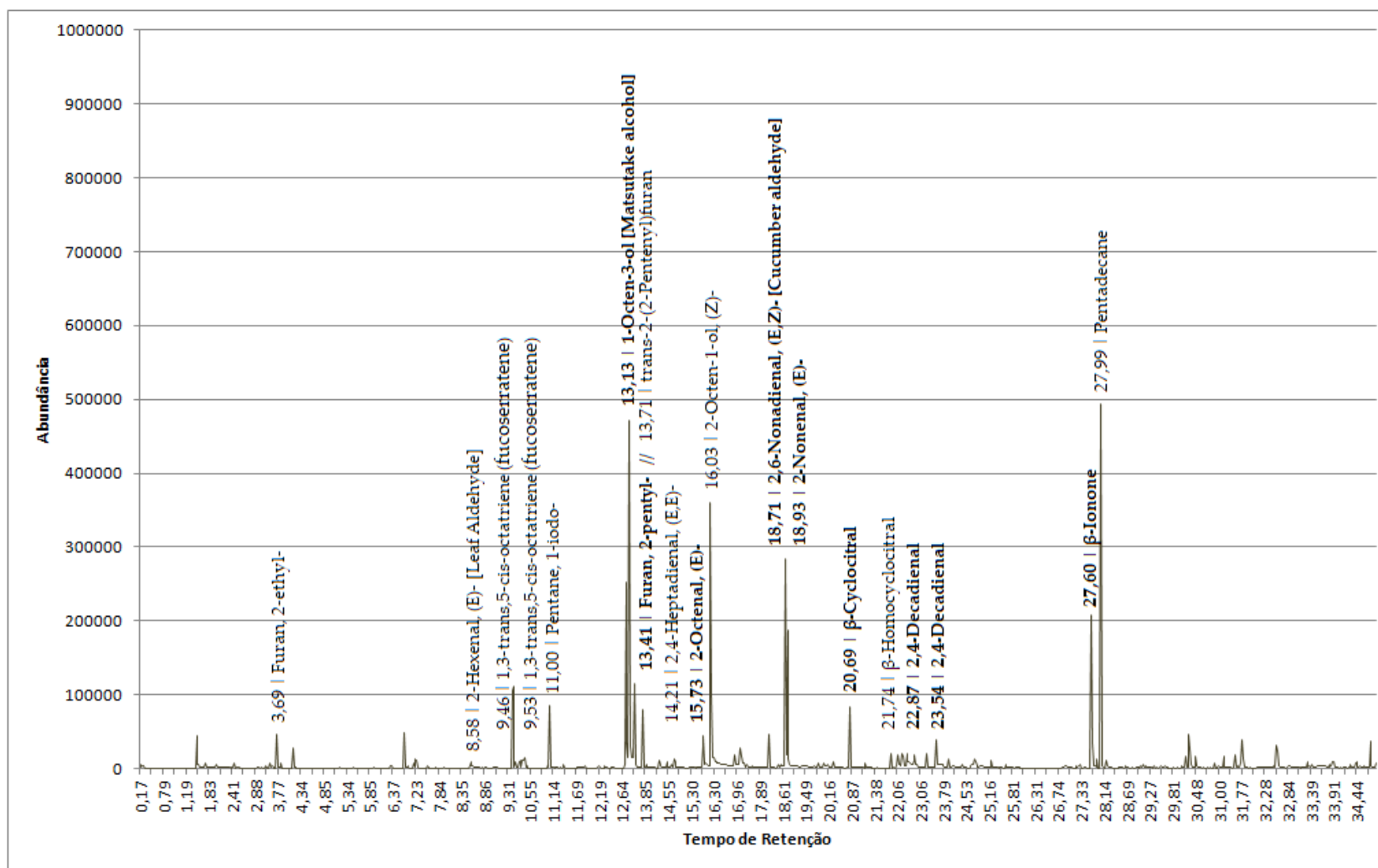


Figura 5.10 Cromatograma de GC-MS do Limo-Corriola (*Saccorhiza polyschides*)

As algas castanhas (Phaeophyceae), especialmente as da ordem Laminariales, são reconhecidas como sendo mais moderadas em termos de odor; painéis de análise sensorial qualificaram o "cubenol"¹¹⁶ como sendo o composto que confere o seu aroma característico. Apesar do OTV relativamente alto (100-250 mg/kg), acredita-se que essa substância seja fundamental no perfil aromático das laminárias. Entretanto, algumas das algas castanhas da família Dictyotaceae diferenciam-se pelo aroma mais intenso, conferido pela presença de "dictiopterenos" dos tipos A, B, C' e D' (Kajiwara, Kodama, *et al.*, 1993). Os "dictiopterenos", juntamente com o DMS e alguns compostos halogenados, são as substâncias que caracterizam o cheiro de mar (Wolfe, 2014).

CABELO-DE-VELHA // *GRACILARIA GRACILIS*

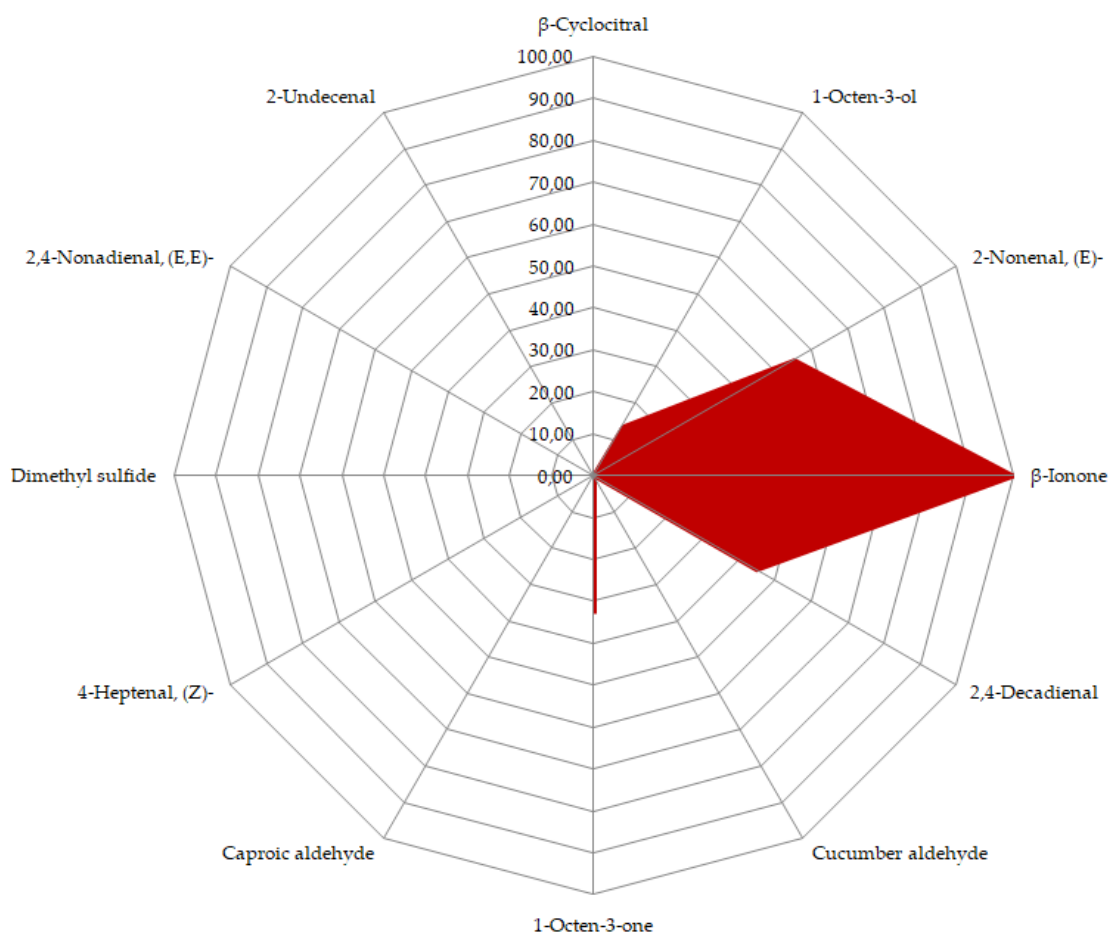


Figura 5.11 Gráfico: Perfil Aromático da Cabelo-de-Velha (*Gracilaria gracilis*)

¹¹⁶ Good Scents Company | Cubenol (organoleptics); Caracteriza organolepticamente o cubenol como tendo aroma pungente de especiarias, ervas e chá-verde. Disponível em: <http://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1443131.html#toorgano> (Acessado em: 01/06/2017).

Nas algas cabelo-de-velha (*Gracilaria gracilis*), percebe-se a presença dos aldeídos "2-nonenal" e "2,4-decadienal", com destaque para a cetona " β -ionona" (**Figura 5.11**). Apesar disso, os compostos "1-octen-3-ol" e "1-octen-3-ona" parecem ser os grandes protagonistas, de acordo com seus descritores organolépticos, definidos, respectivamente, como: aroma terroso de cogumelos, fungos e frango cru, e sabor gorduroso, terroso e vegetal, que lembra caldo de cozinha com uma pitada de umami; aroma herbal e terroso, com nuances sujas e de mofo, e sabor intenso e cremoso com notas de cogumelos, peixe e vegetais. Essa descrição coincide com as observações feitas pelo grupo de foco.

Nota-se também, sensorialmente, um aroma intenso de peixe em decomposição e ranço, que pode estar relacionado à presença de aminas, como a trimetilamina.

No único estudo encontrado sobre voláteis em algas do gênero *Gracilaria* spp., uma série de compostos heterocíclicos aminados (pirazinas) foram relatados no cromatograma da *Gracilaria fisheri*, que passou por processo de remoção do agar e hidrólise enzimática com bromelaína. A formação desses compostos se dá, sobretudo, através de reações de Maillard, possuindo aromas terrosos e queimados, que lembram café torrado, frutos secos tostados e batata. Ácidos carboxílicos, como o heptanóico, octanóico, nonanóico, decanóico, dodecanóico e hexadecanóico, foram ainda identificados; sendo estes reconhecidos como precursores de alguns dos aromas em peixes e frutos do mar. Talvez algumas dessas substâncias possam fornecer explicação para os aromas desagradáveis detectados na *Gracilaria gracilis*.

Os hidrocarbonetos "1,3-octadieno" e "heptadecano" representaram mais de 70% da área relativa e 60% da área total do cromatograma, porém não parecem ter grande importância no perfil aromático da alga devidos aos altos valores de OTV (**Figura 5.12**). Os 16 compostos identificados na cabelo-de-velha correspondem a 84,21% da área total (vide **Anexo 8.6**).

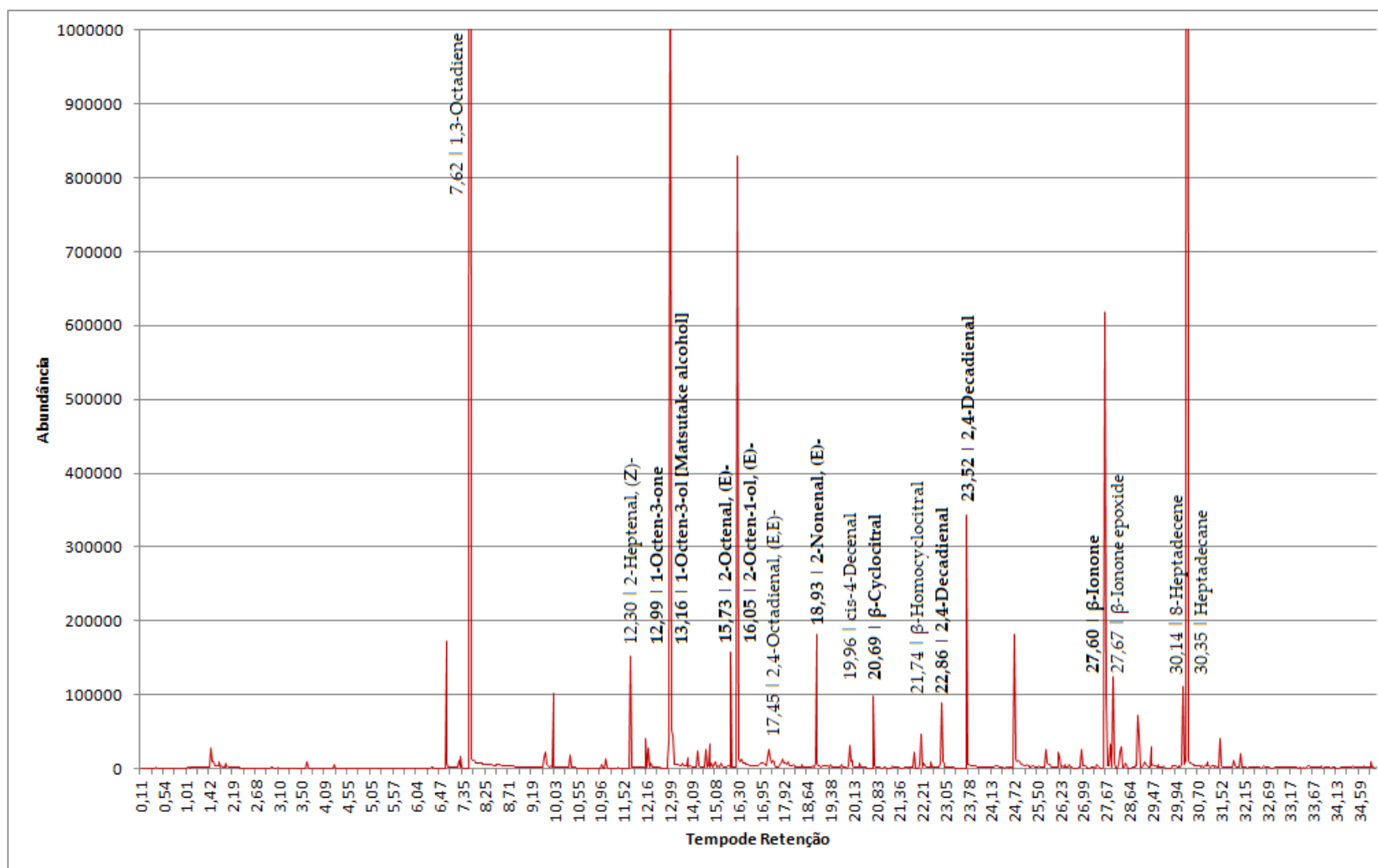


Figura 5.12 Cromatograma de GC-MS da Cabelo-de-Velha (*Gracilaria gracilis*)

ERVA-MALAGUETA // *OSMUNDEA PINNATIFIDA*

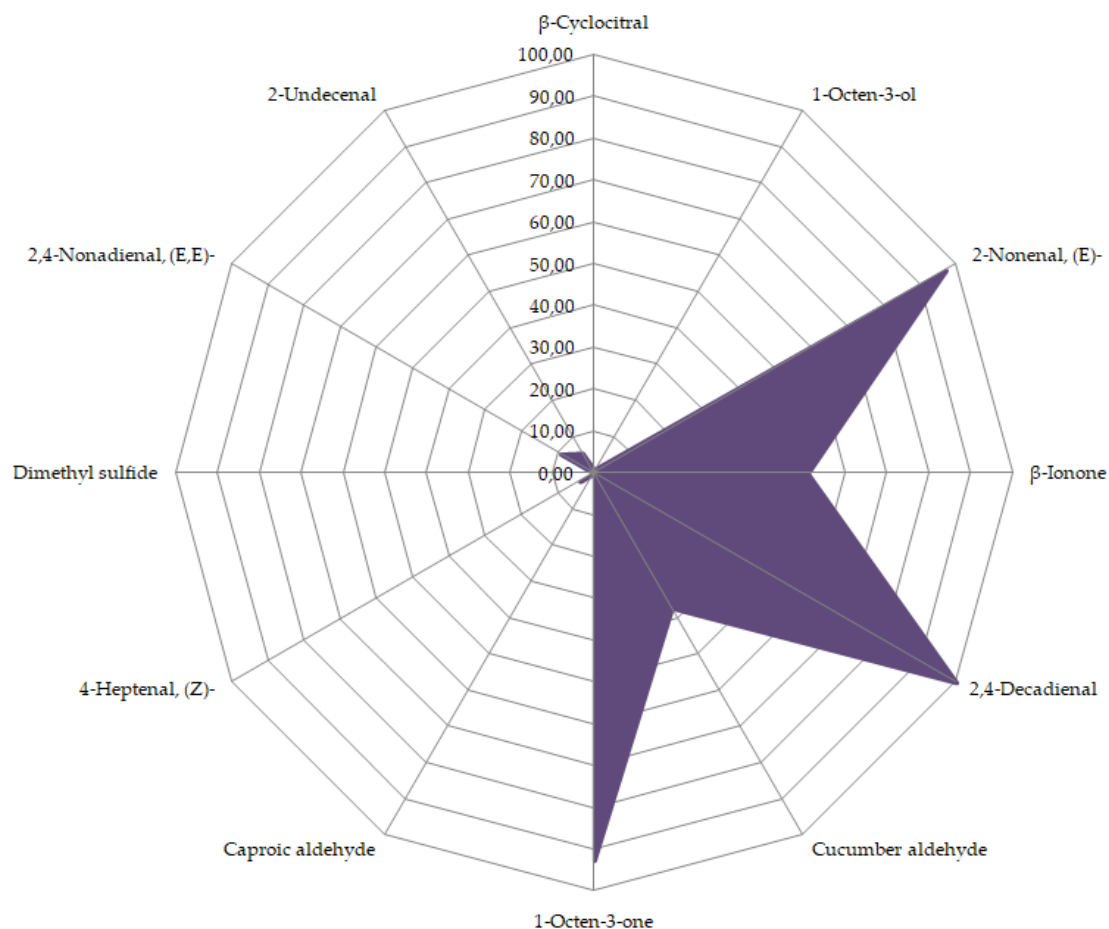


Figura 5.13 Gráfico: Perfil Aromático da Erva-Malagueta (*Osmundea pinnatifida*)

A erva-malagueta (*Osmundea pinnatifida*) foi a alga que apresentou o maior número de picos no cromatograma¹¹⁷, o que revela uma grande riqueza aromática (**Figura 5.14**). Há uma predominância de aldeídos entre os picos de maior amplitude e, diferentemente das outras duas algas vermelhas analisadas, o "*trans*-2-nonenal" e do "2,4-decadienal", que conferem aromas "gordurosos", se destacaram frente a cetona "β-ionona" (**Figura 5.13**). O "aldeído do pepino", presente nessa alga, incorpora notas verdes; o "*cis*-2,4-nonadienal", o "2-*trans*,4-*cis*,7-*cis*-tridecatrienal", o "2-undecenal" e o "*cis*-4-heptenal", também parecem contribuir, em menor escala, para o ao seu aroma. Os 34 compostos identificados na erva-malagueta correspondem a 60,68% da área total do cromatograma (vide **Anexo 8.6**).

¹¹⁷ Em torno de 88, em média, dos quais 34 puderam ser identificados.

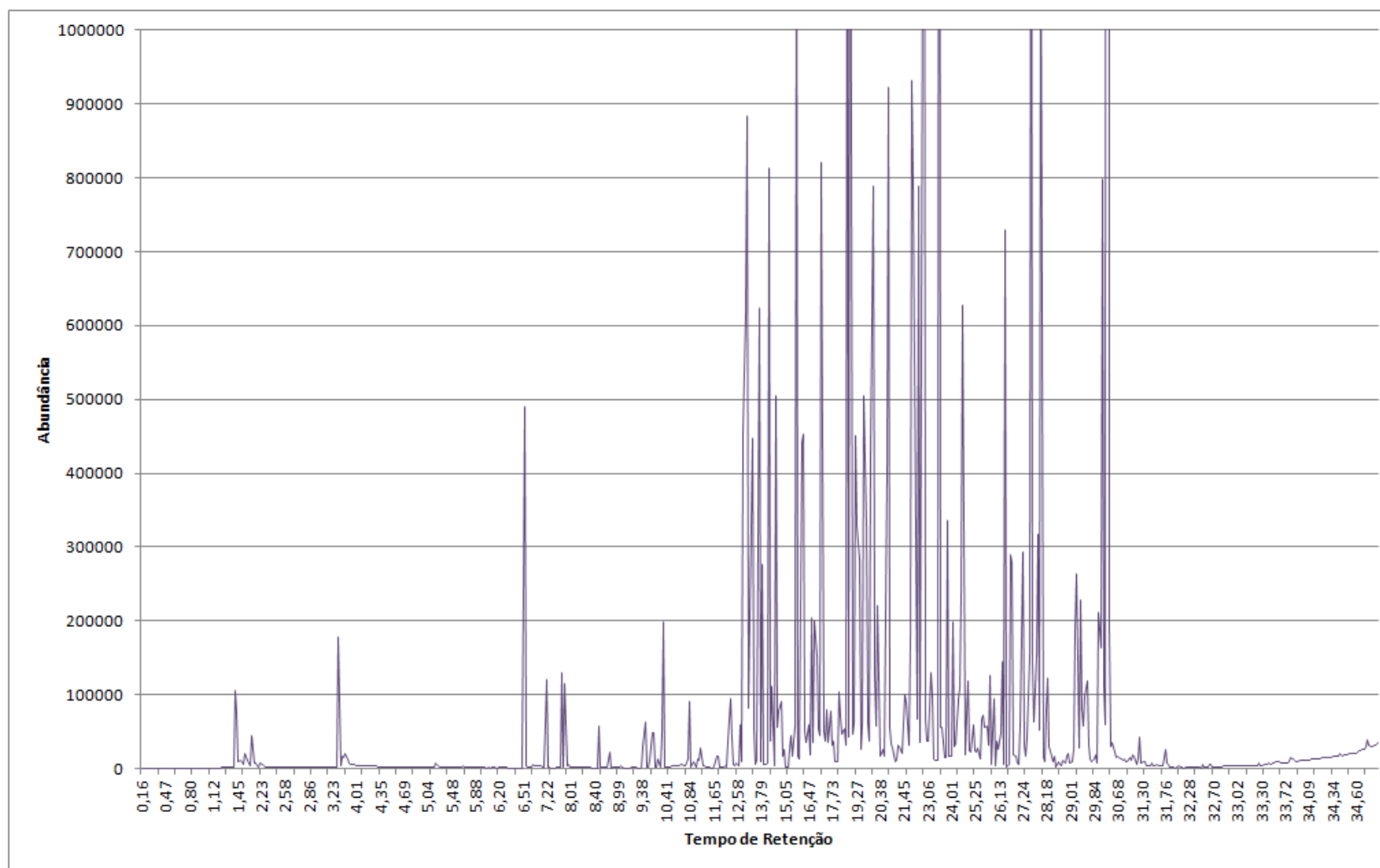


Figura 5.14 Cromatograma de GC-MS da Erva-Malagueta (*Osmunda pinnatifida*)

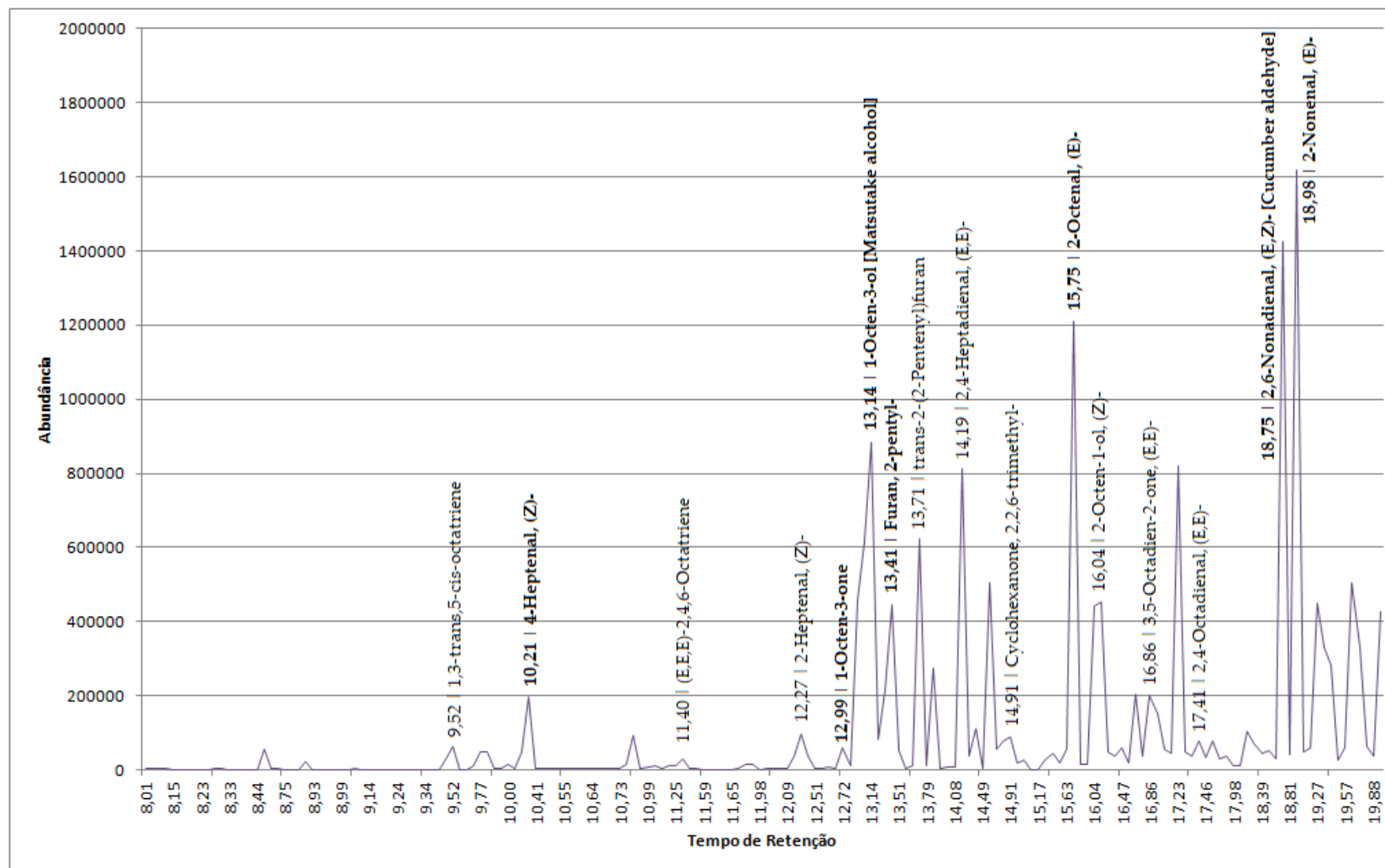


Figura 5.15 Cromatograma de GC-MS da Erva-Malagueta (*Osmundea pinnatifida*) [1ª Parte]

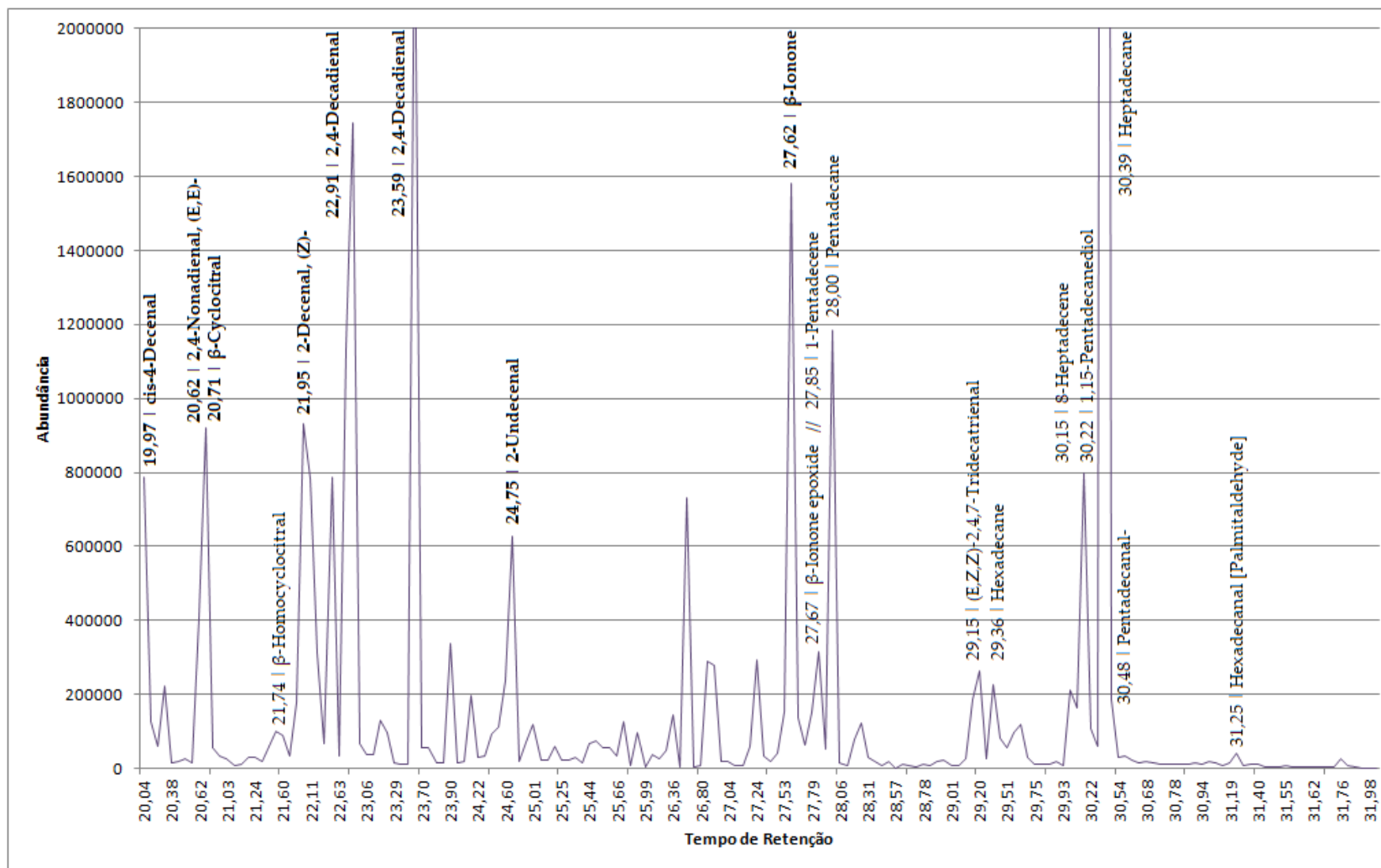


Figura 5.16 Cromatograma de GC-MS da Erva-Malagueta (*Osmundea pinnatifida*) [2ª Parte]

A tarefa de associar os compostos que parecem ser protagonistas na análise instrumental, com observações advindas da análise sensorial, está longe de ser conclusiva. Não foi possível identificar quais substâncias podem conferir os aromas, descritos pela olfação, de trufas, lagosta e mariscos. Tampouco, foi possível descobrir porque a erva-malagueta, como o próprio nome sugere, possui um paladar apimentado. Alguns possíveis sesquiterpenos apareceram nos picos a 30,995 e 30,073 minutos (**Anexo 8.6**), o que sugere que essa classe de compostos pode ter algum papel na caracterização do aroma da alga¹¹⁸.

Os sesquiterpenos são substâncias abundantes na natureza e atuando como agentes de defesa ou feromonas em plantas e insetos. São frequentemente compostos de aroma e sabor, juntamente com os terpenos oxigenados e diterpenos, ajudando a conferir aroma e leve pungência ao gengibre ("zingibereno"), ao cravinho e à pimenta ("cariofileno"), por exemplo (de Rovira and Chemistry, 1999; McGee, 2004).

Estudos com a alga *Asparagopsis taxiformis* revelaram que os compostos halogenados, contendo bromo, iodo e cloro (bromofórmio, bromiodometano, etc.), ajudam a conferir aroma e sabor, assim como ardor, tão apreciados pelos havaianos, que a utilizam (limu "kohu") como condimento (Ito and Hori, 1989; Fujimura and Kawai, 2000). Do mesmo modo que a erva-malagueta, a *Asparagopsis taxiformis* também possui ampla riqueza aromática, libertando uma complexa mistura de mais de 120 metabolitos halogenados na água do mar (Paul and Pohnert, 2011). As algas *Laurencia* spp., género no qual a *Osmundea pinnatifida* fazia parte antes de ser reclassificada, também são famosas pela abundante quantidade de metabolitos halogenados (Wanke *et al.*, 2015).

MUSGOS // *CHONDRACANTHUS TEEDEI* VAR. *LUSITANICUS*

A variedade de compostos encontrados na alga musgos (*Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*) foi surpreendente, a julgar pelo aroma e sabor relativamente brandos (**Figura 5.18**).

¹¹⁸ Existe ainda a possibilidade dos compostos serem polares não sendo possível detetá-los por esta metodologia; ou devido a sua instabilidade.

Os três perfis das algas vermelhas analisadas foram dominados pelo "*trans*-2-nonenal", o "2,4-decadienal" e a " β -ionona" (**Figura 5.17**), porém, a presença marcante do "hexanal" (aldeído caprótico) – representando 71,87% da área do maior pico e 16,50% da área relativa total do cromatograma (**Anexo 8.6**) – deve ser destacada. Além disso, o "1-octen-3-ol" (ou álcool do cogumelo), que apresentou o sexto maior ROAV e o terceiro maior pico do cromatograma (**Figuras 5.17 e 5.18**), parece ser importante para caracterização organoléptica da alga. Os musgos parecem apropriados para o preparo de saladas com algas marinhas, devido à sua textura agradável e sabor fresco e neutro que lembra a mar e cogumelos. Entretanto, foi detetada a presença de bromofórmio na amostra analisada, o que sugere cautela no consumo dos musgos.

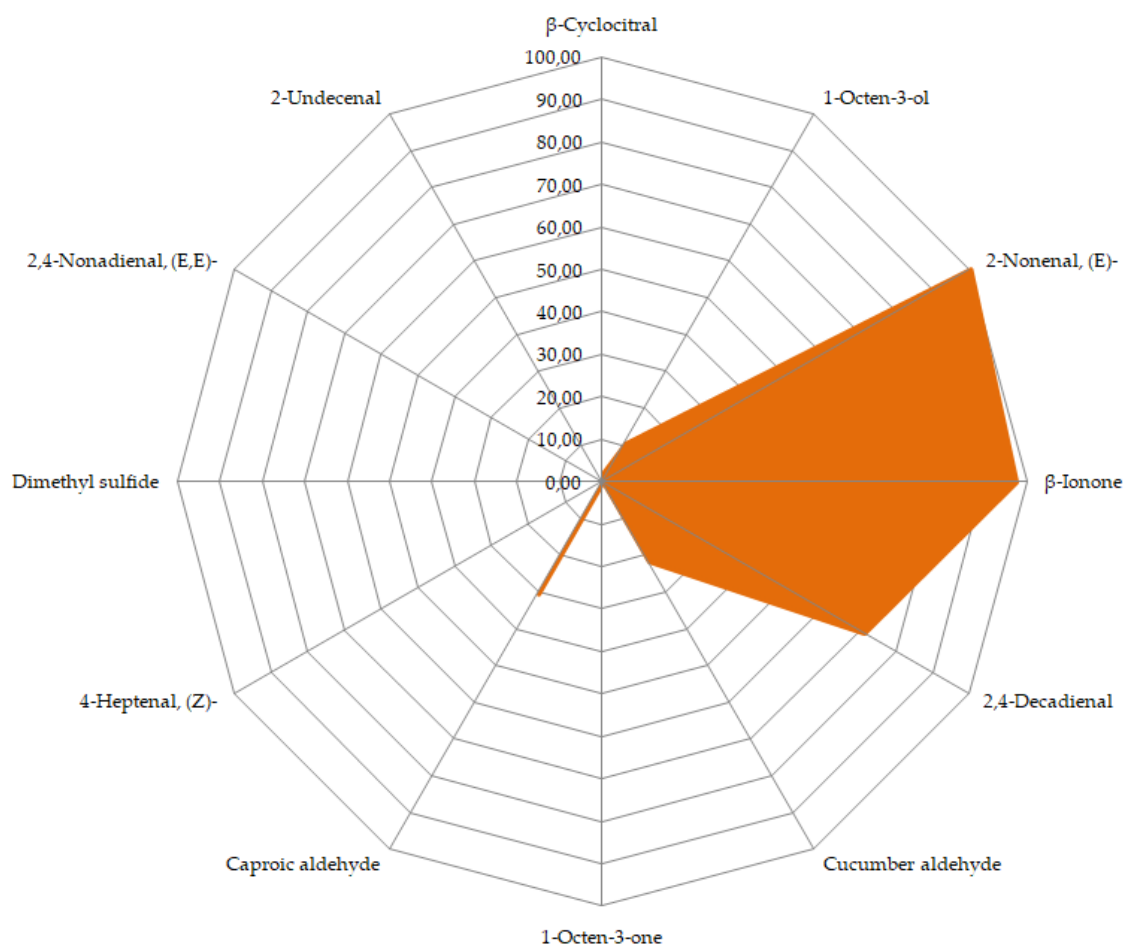


Figura 5.17 Gráfico: Perfil Aromático dos Musgos (*Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*)

Os 21 compostos identificados na alga musgos correspondem a 50,00% da área total do cromatograma (vide **Anexo 8.6**).

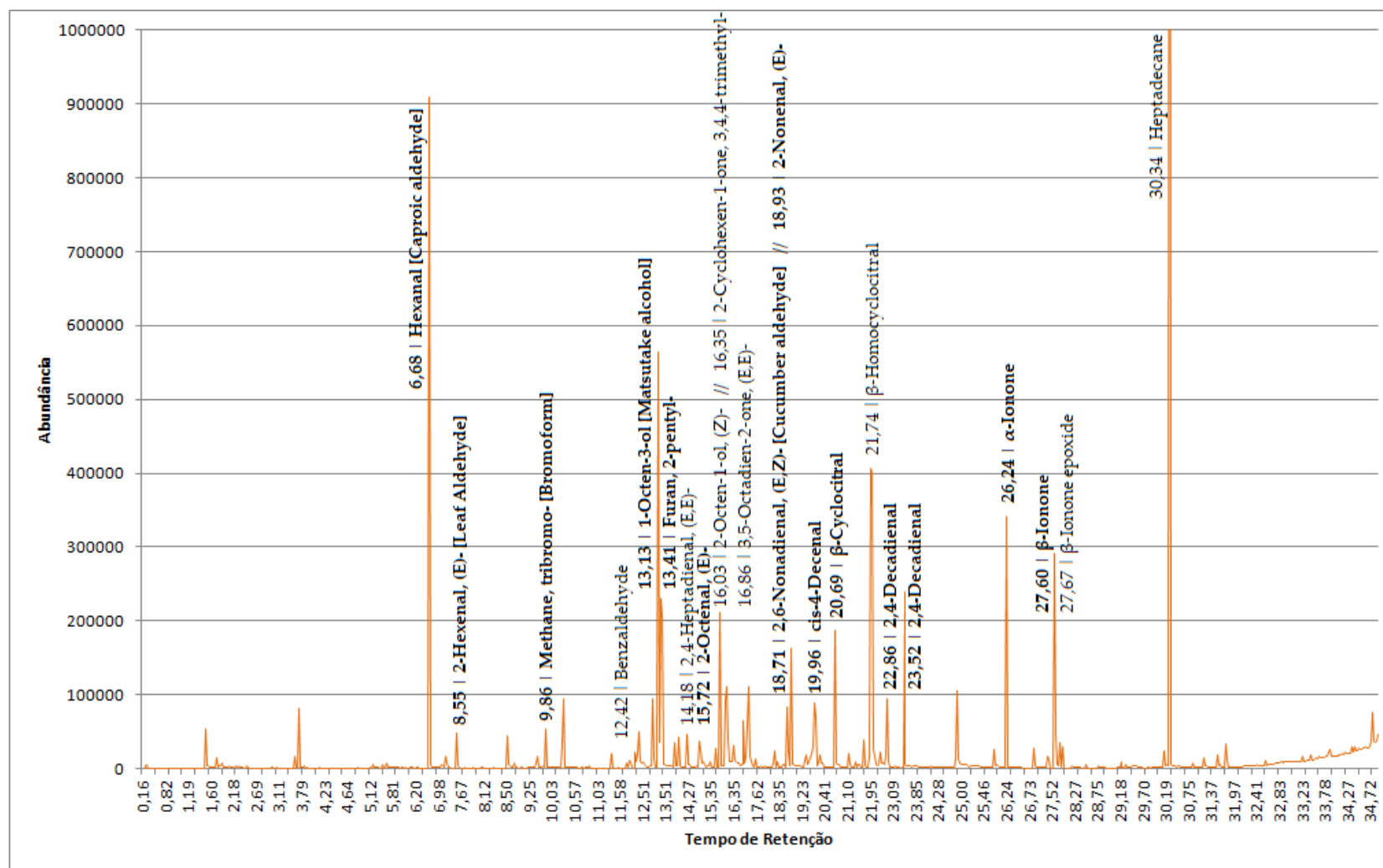


Figura 5.18 Cromatograma de GC-MS dos Musgos (*Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*)

Segundo Fujimura & Kawai (2000), podemos classificar as algas vermelhas em quatro categorias, em termos de compostos químicos e sabor: tipo erva-patinha ou "nori" (*Porphyra* sp.), que possui DMS em grande quantidade; tipo *Asparagopsis* sp., contendo uma variedade de compostos halogenados em abundância; tipo *Chondria* sp., que tem diversos compostos heterocíclicos contendo enxofre; e categoria "miscelânea" com as algas que não se enquadram em nenhuma das categorias anteriores. O autor afirma, ainda, que, entre as algas marinhas, o sabor das algas vermelhas é o menos influenciado pelos aldeídos de ácidos gordos polinsaturados.

5.2 Desenvolvimento de Novos Produtos (DNP)

5.2.1 Processo Exploratório para o Desenvolvimento de Produtos

Com base nas informações, conceitos e ferramentas discutidos ao longo do presente trabalho, foram exploradas algumas aplicações das algas em produtos que poderiam ajudar na disseminação das mesmas junto ao mercado. Frise-se, porque relevante, que todos os produtos concebidos são vegetarianos e, a grande maioria, é isenta de glúten, lactose ou alergênicos, permitindo o seu consumo por uma gama alargada de consumidores. A tabela abaixo resume alguns dos produtos testados. A comentaremos o detalhamento do processo de desenvolvimento de cada um deles.

CONDIMENTOS

O primeiro passo foi testar as algas em produtos básicos, de modo a observar como elas se comportavam diante de soluções aquosas (vinagre de vinho branco), oleosas (azeite de oliva) e emulsões (manteiga).

Nos vinagres (**Figura 5.19A**), as algas "kombu-atlântico" (*Laminaria ochroleuca*) e a "dulce" (*Palmaria palmata*) foram as que se comportaram melhor, sendo que a primeira incorporou um agradável aroma iodado e gosto umami ao preparo, enquanto a segunda conferiu uma cor atraente e notas de frutos vermelhos e florais, fazendo lembrar vinagre de framboesa possivelmente pela presença considerável de iononas nessa alga vermelha (López-Pérez, Picon and Nuñez, 2016).

Tabela 5.1 DNP: Resumo dos Produtos Trabalhados

Condimentos
<ul style="list-style-type: none"> • Manteiga com Algas: alface-do-mar, "dulce", erva-patinha ou erva-malagueta ^[1, 3] • Vinagre com "Kombu-Atlântico" ou "Dulce" ^[1, 2] • Azeite com Alface-do-Mar ou Erva-Patinha ^[1, 2] • "Miso" com "Kombu-Real" ^[1, 2] • "Granola Salgada" de Algas (alface-do-mar e erva-patinha) ^[1, 2]
Conservas
<ul style="list-style-type: none"> • "Caviar" de Erva-Patinha ^[1, 2]
Bebidas
<ul style="list-style-type: none"> • Sumo de Maça Verde, Abacaxi, Gengibre e Limo Corriola ^[1, 2]
Snacks e Petiscos
<ul style="list-style-type: none"> • "Cracker" de Sementes e Algas (cabelo-de-velha e musgos) ^[2]
Caldos e Fundos de Cozinha
<ul style="list-style-type: none"> • Caldo de Cogumelo "Enoki" e "Kombu" (tipo frango) ^[1, 2] • Caldo de Chorão-do-Mar e <i>Ascophyllum nodosum</i> (tipo mariscos) ^[1, 2] • "Fumet" de "Dulce" e Alface-do-Mar (tipo caldo de peixe) ^[1, 2] • "Demi-Glace" de Vegetais Tostados com "Kombu-Real" e Bodelha (tipo fundo de carne) ^[1, 2] • "Falsa Tinta de Chocos" de Erva-Patinha ^[1, 2]
Sopas e Entradas
<ul style="list-style-type: none"> • Caldo-Verde com "Wakame" ^[1, 2] • Salada de Algas Cartilaginosas (MANC) de Coentrada ^[1, 2]
Massas Alimentícias
<ul style="list-style-type: none"> • Nhoque de Batata com "Wakame" ^[1, 2] • Massa Alimentícia com Alface-do-Mar ou Erva-patinha ^[2]
Pães
<ul style="list-style-type: none"> • Pão de Espelta com Erva-Patinha ou "Dulce" ^[1, 2]
Alimentos Proteicos Veganos
<ul style="list-style-type: none"> • "Tempeh" com Alface-do-Mar (bodelha, <i>Ascophyllum nodosum</i> ou erva-patinha) ^[1, 2] • Enchido Vegano de Tofu com Chorão do Mar e <i>Ascophyllum nodosum</i> ^[1, 2] • Hambúrguer Vegano de Arroz Integral, Feijão Preto, Nozes e Bodelha ^[2]
Sobremesas
<ul style="list-style-type: none"> • "Panna Cotta" de "Dulce" com Lemon Curd ^[1, 3] • Pão-de-Ló com Pevides de Abóbora, "Kombu-Atlântico" e Chá-Verde ^[3]

LEGENDA: [1] Sem glúten; [2] Vegano; [3] Vegetariano.

Surpreendentemente, os vinagres aromatizados apresentaram resultados superiores em comparação com os azeites, permitindo uma melhor extração dos

aromas, o que pode ser um indício de que os compostos de sabor possuem maior afinidade com a água.

Nos azeites (**Figura 5.19B**), destacaram-se as algas alface-do-mar (*Ulva* sp.) e erva-patinha (*Porphyra* sp.). A primeira propiciou um aroma sulfuroso pela liberação de DMS, fazendo lembrar, vagamente, óleo de trufas; e a segunda, acrescentou notas de nozes ao produto.



Figura 5.19 Vinagres e Azeites com Algas

Os produtos que mais merecem destaque, contudo, são as manteigas aromatizadas, talvez pela presença de duas fases, com diferentes polaridades, na solução coloidal.

Os resultados, em termos sensoriais, foram satisfatórios em todas elas, cada uma com características bem peculiares, das quais vale ressaltar o sabor de anchovas em conserva, na manteiga com "dulce", e o sabor condimentado e apimentado da manteiga com erva-malagueta (**Figura 5.28**).

Algumas empresas, na Península Ibérica, vêm investindo em flor de sal aromatizada com algas, porém esse produto não parece ser o mais adequado para o aproveitamento dos voláteis presentes. Além do mais, a quantidade de sal que se pode

empregar em um prato é limitadíssima, o que faz com que essa estratégia se baseie mais em "marketing" do que, de facto, em propriedades gastronómicas. Alguns testes foram feitos com flor de sal, sem grandes resultados, e parece ser mais apropriado desidratar, moer e empregar as algas diretamente como sucedâneas do sal.

Esse processo também permite preparar, misturando-se algas com outros condimentos, um "caril de algas" com sabor pungente e aromático quando se emprega algas como a erva-malagueta, *Asparagopsis taxiformis*. O único problema encontrado é que os voláteis se perdem rapidamente após secagem e moagem, sendo, uma das melhores estratégias para contornar essa limitação a incorporação em manteiga.

Os indígenas, que viviam em regiões afastadas do mar, desenvolveram técnicas que envolviam incineração, cozedura em água, filtragem e secagem, para recuperar o sal de plantas (Mouritsen, 2013). Mouritsen et al. (2012) sugerem o preparo de "dashi" com algas do Atlântico e mostram como a desidratação permite recuperar os sais dissolvidos no caldo.

Pensou-se em aplicar um desses procedimentos na extração de sais das algas "kombu", esparguete-do-mar e "dulse", que possuem um excelente balanço entre os sais de sódio e potássio, além compostos umami, conforme pode ser visto no **Anexo 8.3**. Além disso, há estudos que abordam a possibilidade de produzir sais a partir de algas *Ulva* spp. empregando a biomassa resultante do processo como comida animal, fertilizante ou biocombustível (Magnusson *et al.*, 2016). Uma ideia a ser validada, num projeto futuro, é a de se aproveitar os detritos líquidos, provenientes da extração de ficocolóides em algas, para recuperação de sais.

Como se verá ao longo desta subsecção, várias aplicações com alimentos fermentados foram testadas, incluindo o preparo de um "garum" feito somente com algas. O resultado, contudo, não logrou êxito, o que pode ter ocorrido pela ausência de enzimas que degradassem os polissacarídeos, que constituem as paredes celulares das algas. Paralelamente, foram confeccionadas quatro diferentes formulações de "garum": duas com vísceras e duas sem vísceras de cavala, duas com algas e duas sem algas "kombu" (*Saccharina japonica*) (**Figura 5.20**).

Os resultados corroboram o que foi descrito na literatura, mostrando que a presença de vísceras é importante porque as enzimas proteolíticas aceleram o trabalho das bactérias halófitas na quebra das ligações peptídicas (Aquerreta, Astiasarán and

Bello, 2002). No que diz respeito às amostras com algas "kombu", nota-se um aroma mais intenso e um gosto umami acentuado.



Figura 5.20 Tentativas de Produção de "Garum" com Algas

Novas alternativas que envolvem o uso exógeno de enzimas e bactérias halófitas, para quebra dos tecidos e proteínas do peixe e das algas, foram pensadas. Contudo, como o presente trabalho enfatiza o uso de algas em formulações isentas de proteína animal, abandonou-se os testes com "garum".

Inspirado em Laohakunjit et al. (2014), que desenvolveram um hidrolisado proteico de *Gracilaria fisheri* usando bromelaína em biomassa resultante da fabricação de agar, tentou-se igualmente fabricar um hidrolisado da proteico da alga cabelo-de-velha (*Gracilaria gracilis*). O resultado ficou longe de ser satisfatório, e a ausência de sal na formulação, levou ao aparecimento de fungos em curto espaço de tempo. Espera-se, num futuro próximo, retomar a essa pesquisa.

Baseado em experiências, que levaram à constatação de que as algas inibem a atividade bacteriana em fermentados, produziram-se dois lotes de "miso", das variedades "aka" (tradicional) e "shiro" (doce), inicialmente sem incorporar algas. A primeira variedade foi feita a partir de grãos de soja, arroz inoculado com "koji"

(*Aspergillus oryzae*, Ascomycota), sal e miso envelhecido, inoculado com *Zygosaccharomyces bailii* (Ascomycota); a segunda, que pode ser feita exclusivamente com arroz, ou com uma proporção maior de arroz em relação à soja, possui menor concentração de sal, períodos bem mais curtos de fermentação e não leva *Zygosaccharomyces bailii* (Dutton and Wolfe, 2011; Khong, 2015). Após um ano de fermentação, adicionou-se, em uma pequena amostra removida dos lotes, 3% de alga "kombu" floculada, deixando o produto descansar por mais 3 meses. O produto final foi extraordinário, resultando num "miso" perfumado, com cor de caramelo claro e riquíssimo em gosto umami (Figura 5.21A).



Figura 5.21 Condimentos com Algas

O último produto desenvolvido na categoria "condimentos" foi uma granola salgada com algas para uso em saladas e sopas (Figura 5.21B). O preparo foi inspirado em uma fusão da ideia do "furikake", um condimento à base de algas, com o conceito de "granola", cuja função é conferir sabor e textura crocante aos preparos. Diversos cereais, sementes e frutos secos foram misturados e temperados com erva patinha, alface-do-mar e "spirulina" em flocos, caril de erva-malagueta (em pó), azeite, sal e outros condimentos. Primeiramente, uma mistura dos grãos e azeite foi levada ao forno a 120 °C, até torrar ligeiramente; depois, o restante dos ingredientes foram incorporados e levados à desidratadora, a 35 °C por 12 horas, para remover o excesso de humidade. Essa formulação é de grande versatilidade, permitindo empregar

diversas algas e condimentos, consoante o sabor almejado, numa mistura nutritiva e saudável. Assim como o "furikake", ela funcionou muito bem para condimentar arroz e vegetais cozidos e, também, outros cereais integrais, preparados como salada.

CONSERVAS

Para as conservas, segue-se pela linha dos fermentados, preparando um chucrute de repolho roxo, ao qual foi, posteriormente, adicionado alga "dulse" (Figura 5.22A). O produto final agradou a alguns provadores, que o descreveram como sendo intenso, com notas de peixe, vinagre e raiz forte (rábano-picante ou *Armoracia rusticana*, Magnoliophyta). Esse teste bem sucedido abre caminho para novas combinações de conservas fermentadas com diferentes tipos de algas, como, por exemplo: chucrute de repolho ou couve lombarda com alface-do-mar, pickles e "relish" de algas laminarias (Laminariaceae, Phaeophyceae), conserva coreana apimentada de acelga ("kimchi") com erva-malagueta ou *Asparagopsis taxiformis*, etc.



Figura 5.22 Conservas com Algas

Numa tentativa de reproduzir a receita de "laverbread", que envolve cozinhar a erva-patinha em água salgada por algumas horas, surgiu a inspiração para uma outra conserva. O produto final possuía uma aparência não muito apelativa, porém a cor escura e o sabor intenso de mar, remeteram às propriedades da tinta de chocos. Esse simples preparo, nomeado "tintura de erva-patinha", pode ser empregado a uma série

de produtos com aplicações semelhantes às da tinta de chocos. Posteriormente, descobriu-se que os japoneses produzem uma conserva adocicada similar chamada "nori itiban", que leva ainda molho de soja e açúcar.

A "falsa" tinta de chocos foi trabalhada usando alginato, através da técnica de "esferificação direta", de modo a adquirir aparência de um caviar (**Figura 5.22B**). O problema é que o teor de cálcio presente na erva-patinha, apesar de ser um dos menores entre as algas (vide **Anexo 8.3**), faz com que o alginato comece a gelificar, dificultando o processo de esferificação.

Na ausência de uma máquina encapsuladora, como aquela utilizada por Ferran Adrià para confecção de caviars com óleos, optou-se por utilizar a técnica de "esferificação com agar"¹¹⁹. Para acentuar a cor preta, pode-se incorporar um pouco do corante alimentar "carvão vegetal" (código E153).

BEBIDAS

A constatação de que o limo-corriola é quase um "pepino marítimo", motivou a pesquisa para a sua introdução em receitas onde o pepino (*Cucumis sativus*) poderia ser utilizado. Após visita à fábrica da Frubaça (Alcobaça), onde sumos de frutas são processados em alta pressão (HPP), surgiu o estímulo para incorporar alguma das algas trabalhadas em sumos de frutas. A tendência dos "sumos verdes" e "detox" aumentou, consideravelmente, a gama de produtos que misturam, para além de frutas, legumes, verduras, frutos secos e diversos condimentos nesse tipo de bebida. A combinação consagrada de maçã, pepino e aipo induziu a pensar no limo-corriola como um candidato em potencial, porém, permanecia o problema da textura demasiado firme dessa alga, tendo-se em conta que o desejo inicial era de incorporá-la aos pedaços.

Apesar de haver estudos sobre o amaciamento de algas "kombu" pelo uso de enzimas exógenas, optou-se por dar preferência às técnicas tradicionais de cozinha (Kato *et al.*, 2016). É notório que o bicarbonato de sódio tem a propriedade de manter a cor verde e de amaciar a textura dos vegetais, aumentando a solubilidade de pectinas e

¹¹⁹ Que é feita dissolvendo-se o agar na substância a ser moldada, levando a mistura à ebulição e gotejando o líquido, ainda quente, num banho de óleo vegetal de sabor neutro, previamente refrigerado (< 8 °C) (Myhrvold, Young and Bilet, 2011).

hemiceluloses (Mcgee, 2004). Como as algas castanhas possuem hemiceluloses em quantidades variáveis na parede celular, resolveu-se escaldar o limo-corriola em água fervente, com 0,5% de bicarbonato de sódio, por cerca de 3 minutos, como forma de testar a eficácia do método de amaciamento.

Essa tentativa foi bem sucedida, revelando que o bicarbonato não somente amacia os tecidos da alga, como ainda faz a superfície esverdeada descolar, dando origem a lâminas quase translúcidas de alga, ricas em alginato, as quais podem ser empregadas numa gama de aplicações interessantes (esparguete de baixo índice glicêmico, tiras de alga para salada, como sucedânea dos géis de *Aloe vera* – Magnoliophyta –, etc.).

Maceração em soluções ácidas também se mostrou processo eficaz no amaciamento de algas laminárias com a vantagem de manter a cobertura exterior, e a desvantagem de incorporar sabor demasiado ácido às mesmas.



Figura 5.23 Bebidas com Algas

A **Figura 5.23** representa apenas uma primeira tentativa de preparar o sumo de maçã verde, abacaxi, gengibre e limo-corriola, que possui um sabor bastante agradável e refrescante. Outros ingredientes ainda podem entrar na formulação, como novas frutas, vegetais e ervas aromáticas. Acredita-se que o endro (*Anethum graveolens*, Magnoliophyta) possa ser uma boa adição ao produto, tratando-se de uma erva não empregada em sumos, que vai muito bem com abacaxi e pepino. A principal ideia para melhor no futuro o sumo em desenvolvimento é clarificá-lo, espessar com xantano, criando um efeito suspensor, e incorporar pequenos cubos de limo-corriola. Com isso, espera-se um resultado final, em termos de aparência, semelhante ao das bebidas confeccionadas com *Aloe vera*.

SNACKS E PETISCOS

Com a velocidade da vida moderna, os hábitos de consumo de consumo foram mudando na direção do "fast food" ou dos "snacks", muitas vezes sem pausa para uma refeição completa. Essas mudanças trouxeram consigo um aumento nos índices de obesidade, além de problemas de saúde crônicos (hipertensão, diabetes, ETC.) (van Kleef, Otten and van Trijp, 2012). Por esse motivo, uma das tendências do mercado de "snacks" são os produtos que conjugam praticidade de consumo com o fator saúde ¹²⁰.

Várias possibilidades foram pensadas, nem todas sob a ótica do saudável, como por exemplo, bacon de alga "dulse" fumada, "crackers" de tapioca inflada com sabor a alga, pastéis de batata e alga "wakame" (inspirado nos pastéis de bacalhau), bolinhos de grão com *Ascophyllum nodosum* (inspirado no "acarajé" brasileiro), peixinhos da horta de esparguete-do-mar (*Himanthalia elongata*), etc.

Porém, como a maioria dos preparos envolvia fritura, era preciso desenvolver soluções que atendessem aos critério de saúde e praticidade. As duas aplicações com algas em "snacks" saudáveis, que obtiveram maior êxito, foram: "crackers" de sementes e algas, e "chips" de vegetais com sal de alga "kombu" e vinagre. Os "crackers" (**Figura 5.24**) são de preparo relativamente simples, combinando uma série de grãos com algas a gosto, fazendo lâminas finas, que são desidratadas em forno a baixa temperatura.

¹²⁰ Institute of Food Technologists | Food Technology editors predict trends for 2017. Disponível em: <http://www.ift.org/Food-Technology/Newsletters/IFT-Weekly-Newsletter/2016/December/122816.aspx> (Acessado em: 10/08/2017). BBC Good Food | 10 food trends for 2017. Disponível em: <https://www.bbcgoodfood.com/article/food-trends-2017> (Acessado em: 10/08/2017).

Apesar da preparação envolver o uso de trigo, é possível substituí-lo facilmente por outras farinhas como a de grão de bico ou de castanha.

Utilizou-se, inicialmente, as algas facilmente encontradas nas lojas especializadas, como a alface-do-mar e a erva-patinha. Porém, algas menos usuais em alimentação (cabelo-de-velha, limo-musgo, sargaço, etc.), mas, com bom balanço nutricional, podem ser cozidas e/ou torradas, para remover parte do sabor desagradável, e depois incorporadas ao preparo.

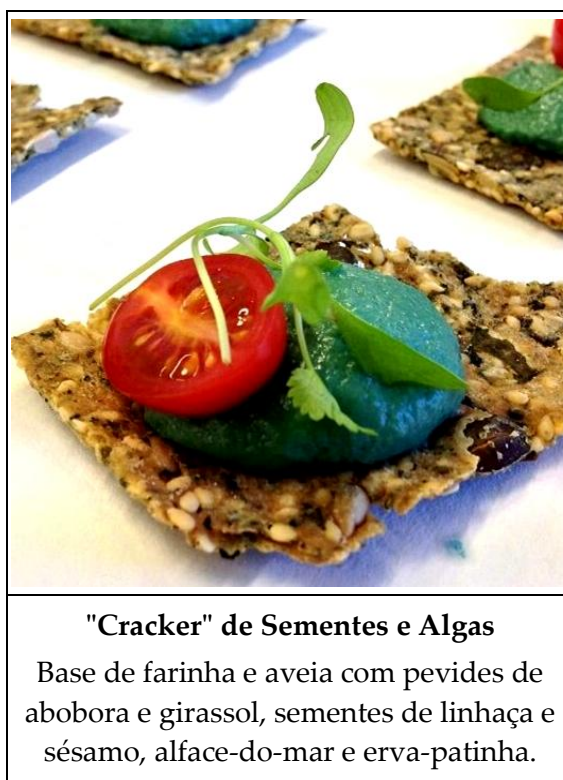


Figura 5.24 "Snacks" e Petiscos com Algas

Os chips de vegetais tiram proveito de raízes coloridas e de sabor adocicado, de ingredientes como a batata-doce, a beterraba ou a pastinaca, que vão muito bem com algumas algas, como a "dulse" e a "alface-do-mar". As lâminas de "kombu", usadas para aromatizar os vinagres, sofreram um perceptível amaciamento, talvez pela ação do ácido acético ou das enzimas das acetobactérias. O seu sabor avinagrado mostrou-se também interessante no casamento com raízes adocicadas. Dessa forma, resolveu-se desidratá-las, novamente, e moê-las com sal marinho, azeite e maltodextrina de tapioca, fazendo uma espécie de condimento para os "chips". Outras algas podem ser

incorporadas na mistura de base do tempero, de modo a conferir diferentes matizes de sabor.

CALDOS E FUNDOS DE COZINHA

Algumas preparações "pluralistas" de Ferran Adrià (vide **Subsecção 4.3.3**) fomentaram a ideia de se criar caldos, bases e molhos com algas que fossem veganos, mas que remetessem aos sabores dos caldos clássicos de cozinha. O artigo de Mouritsen et al. (2012) sobre "dashi", com algas do Atlântico Norte, e o demi-glace vegetal, do site de receitas "ChefSteps"¹²¹, também foram fontes de inspiração. De acordo com o sabor singular de cada alga provada, foram-se construindo combinações, que resultaram nos caldos tipo "dashi", ilustrados na **Figura 5.25** (A, B e C). Inicialmente, foram incorporados os elementos tradicionais de um caldo clássico, tais como guarnição aromática ("mirepoix") e condimentos ("bouquet garni" e "sachet d'épices"). Porém, as formulações tipo "dashi" possuem um sabor mais "limpo", sem os demais ingredientes rivalizando com as propriedades aromáticas das algas.

Assim sendo, dividiram-se esses preparos em 4 grupos com finalidades específicas:

1. Caldos tipo "dashi" feitos somente com os ingredientes elementares, sobretudo algas, em concentrações que variam de 2 a 3%, sendo recomendados como substituto da água ou líquidos em qualquer tipo de formulação;
2. Caldos "miméticos", inspirados nas receitas clássicas, adaptados para incorporar as algas em substituição à proteína animal, e que podem ser utilizados no lugar dos caldos originais;
3. Fundos clássicos de cozinha francesa, adaptados para incorporar algas e usados como molho ou condimento em receitas;
4. Tinturas, concentrados ou hidrolisados de algas, combinados ou não com outros ingredientes, com a função de condimento em receitas variadas.

O único sabor que não se conseguiu desenvolver foi para o caldo tipo "dashi" de crustáceos, apesar da semelhança da *Ascophyllum nodosum* com camarões secos. O

¹²¹ ChefSteps | Umami-Bomb Vegetarian Demi-Glace. Disponível em: <https://www.chefsteps.com/activities/umami-bomb-vegetarian-demi-glace> (Acessado em: 01/06/2017).

caldo "mimético" de algas apresentou um resultado um pouco melhor, por causa do contributo de outros ingredientes, como tomate, cebola, cenoura, funcho, alho-francês, vinho, manteiga, alho, tomilho, louro e especiarias.

	
<p>A. "Dashi" de Alga e Cogumelo – Sabor "Frango" Caldo tipo "dashi" de "kombu" e "enoki" desidratados e envelhecidos.</p>	<p>B. "Dashi" de Algas – Sabor "Mariscos" Caldo tipo "dashi" de chorão-do-mar e <i>Ascophyllum nodosum</i>.</p>
	
<p>"Dashi" de Algas Sabor "Peixe" Caldo tipo "dashi" de alface-do-mar e "dulse".</p>	<p>"Demi-Glace" Vegetariano // Tintura de Erva-Patinha Fundo à base de vegetais tostados e algas; Erva-patinha em pó cozida lentamente.</p>

Figura 5.25 Caldos e Fundos de Cozinha com Algas

Abordagens inovadoras foram introduzidas no preparo desses caldos, tais como o uso de "sous-vide" para os caldos tipo "dashi" e panela de pressão, para os caldos "miméticos". Além disso, quando as receitas envolviam redução de líquidos

para concentração dos sabores, optou-se por empregar apenas os sumos dos vegetais, crus e/ou cozidos, utilizando-se uma centrífuga para alimentos.

SOPAS & ENTRADAS

	
<p>A. Caldo Verde com "Wakame" Adaptação da receita clássica portuguesa, introduzindo alga "wakame" no lugar da couve-galega.</p>	<p>B. Salada de Algas de Coentrada Mistura de algas não convencionais (<i>Laminaria ochroleuca</i>, <i>Chondracanthus teedei</i> e <i>Pelvetia canaliculata</i>), temperada com piso de azeite, alho e coentros.</p>

Figura 5.26 Sopas e Entradas com Algas

A primeira receita testada, executada com algas, foi inspirada no tradicional "caldo verde" português, substituindo-se a couve-galega por "wakame", devido à semelhança entre esses dois ingredientes (**Figura 5.26A**). Para uma formulação vegetariana, ao invés de chouriço, emprega-se "alga em bocados" com sabor de chouriço, confeccionados com "dulse" marinada em vinha d'alhos, fumada e picada grosseiramente. Duas modificações de ordem técnica incorporaram melhores resultados à receita: o uso de sifão para aerar parte do caldo e o uso das peles das batatas, ricas em umami, para confecção do caldo usado como base na receita.

Como forma de incorporar algas menos convencionais ao receituário, desenvolveu-se a salada de coentrada, que tira mais proveito das texturas crocantes e gelatinosas das algas, e também de sua cor, do que do sabor em si (**Figura 5.26B**).

MASSAS ALIMENTÍCIAS

Após consulta em artigos sobre o aproveitamento de algas em formulações alimentares, chegou-se à conclusão de que é mais fácil introduzir um ingrediente pouco usual, como as algas, em produtos já disseminados no mercado, do que em formulações completamente novas (Tan *et al.*, 2016; Tan, van den Berg and Stieger, 2016). Aplicações em massas, pães e produtos cárneos são bastante comuns na literatura¹²². Em consequência, ao invés da busca por produtos criativos, nas categorias que se seguem, optou-se por avaliar como as algas podem agregar valor aos produtos já existentes.

Para o desenvolvimento de massas alimentícias, duas alternativas foram idealizadas: massas tradicionais extrudadas com teor variável de algas e massas isentas de glúten.

Massas alimentícias de semolina, contendo alface-do-mar e erva patinha, foram elaboradas com amostras de algas em pó, fornecidas pela empresa Alga+ (Ílhavo, Aveiro), no pastifício artesanal "Paradosiaká Zymariká Ipeírou" (Παραδοσιακά Ζυμαρικά Ηπείρου), na Grécia (**Figura 5.27A**). Também foram confeccionadas massas tipo "pasta all'uovo", porém com resultado inferiores em termos de textura (quebradiças) e sabor (demasiado intenso a ovo).

Uma solução pouco convencional foi incorporada ao preparo das massas, consistente no acréscimo de 0,5% de bicarbonato de sódio à receita como forma de melhorar sua textura (Kamozawa and Talbot, 2010). Apesar de pouco ortodoxa na cozinha italiana, o emprego de água alcalina em massas é algo que já vem sendo feito há tempos na cozinha oriental, que não dispunha de trigo duro (*Triticum durum*), semolina ou trigo de qualidade equivalente. O bicarbonato ajuda a melhorar a rede de glúten, sem acrescentar sabor ao preparo das massas de semolina, entretanto, o sabor estranho detetado nas "pastas all'uovo" podem ter ocorrido pela interação do bicarbonato com os compostos de enxofre presentes no ovo (Mcgee, 2004).

¹²² Como pode ser verificado nos trabalhos de: Kadam & Prabhasankar (2010), Gupta & Abu-Ghannam (Gupta and Abu-Ghannam, 2011), Fleurence et al. (2012), Kılınç et al. (2013), van der Spiegel et al. (2013), Mamat et al. (2014), Barbieri et al. (Barbieri *et al.*, 2016), Cofrades et al. (2016), Fleurence (2016), Roohinejad et al. (Roohinejad *et al.*, 2016), Rioux et al. (2017).



Figura 5.27 Massas Alimentícias com Algas

Trabalhou-se com "wakame" e batata para avaliar a sua potencialidade no preparo de nhoques, sem ovos ou glúten, feitos, exclusivamente, com o amido japonês "kuzu" (**Figura 5.27B**). O único problema desse preparo é que a textura se torna mole com a cocção, sendo preciso incorporar outros ingredientes ou aditivos, como o alginato de liberação gradual (gelburguer), goma gelana ou metilcelulose, que conferem resistência ao calor. Algas como a "alface-do-mar" ou "dulse" também parecem apropriadas para essa receita.

PÃES

Para os pães, foram testados 5 tipos de receitas: baguete francesa, bola d'água, bolo do caco, broa de milho e pão de espelta. As receitas de baguete e bola d'água precisam de melhorias substanciais, o que levou a descartá-las antes que as algas fossem incorporadas; as receitas de bolo do caco com erva-patinha e de broa de milho com alface-do-mar se mostraram razoáveis, mas passíveis de melhoria; a receita que se destacou, pela simplicidade e sabor, foi a de pão de espelta¹²³ com alga "dulse" (ou erva-patinha), que permite incorporar algas até 5% do peso da farinha, sem que seja notado algum sabor estranho ou demasiado forte de mar (**Figura 5.28**). Uma outra

¹²³ Gentilmente cedida pela Maria José Lobo Elias.

vantagem dessa receita, em relação às demais, é que ela é isenta de glúten, tornando o pão compatível com a dieta para doença celíaca.



Figura 5.28 Pão e Manteigas com Algas

ALIMENTOS PROTEICOS VEGANOS

As pessoas que seguem uma dieta vegana costumam ser adeptas de uma alimentação natural, associando o uso de aditivos alimentares à ideia de "químicos", com efeitos adversos sobre a saúde, por tal razão, buscou-se trabalhar os alimentos dessa categoria empregando apenas proteínas e amidos (hidrocolóides) considerados "inofensivos" por esse público.

No "tempeh" (**Figura 5.29, A e B**), verificou-se o mesmo problema, detectado no chucrute, de inibição da flora microbiana por compostos bioativos, presentes nas algas. O crescimento lento do *Rhizopus oligosporus* (Zygomycota) fez com que os grãos de soja não se aglomerassem apropriadamente, e a fermentação prolongada ocasionou o aparecimento de aromas desagradáveis.

	
<p>A. "Tempeh" com Alface-do-Mar (antes)</p> <p>Os grãos de soja são misturados com a alga, inoculados com <i>Rhizopus oligosporus</i> e postos para fermentar em estufa por 48 horas.</p>	<p>B. "Tempeh" com Alface-do-Mar (depois)</p> <p>Depois de pronto, observou-se uma estrutura mais frágil no "tempeh" com alga, talvez, pela inibição da atividade microbiana.</p>
	
<p>C. Hambúrguer com Bodelha</p> <p>Base se arroz integral, feijão preto e nozes, condimentada com bodelha salgada, "demi-glace" de vegetais e algas e especiarias.</p>	<p>D. Enchido com Algas</p> <p>Enchido de tofu e arroz "basmati" com chorão-do-mar e <i>Ascophyllum nodosum</i>, "miso" de algas e condimentos.</p>

Figura 5.29 Alimentos Proteicos com Algas

Por esses motivos, a técnica de produção de "tempeh" com algas precisa de algumas melhorias, que envolvem: a busca de algas que não possuam propriedades antifúngicas tão intensas; a remoção de compostos bioativos ou inativação de enzimas

que possam inibir a atividade microbiana; o incentivo, a priori, de uma fermentação láctica mais intensa, de maneira a controlar o desenvolvimento de microorganismos patogénicos, ou que gerem aromas e sabores indesejados; encontrar uma maneira de incorporar as algas ao preparo, após o desenvolvimento do fungo.

O hambúrguer (**Figura 5.29C**) e o enchido (**Figura 5.29D**) possuem como base os arroz integral e basmati, respetivamente. A proteína no hambúrguer vem, sobretudo, dos grãos de feijão, dos frutos secos e da alga; enquanto no enchido, o tofu (soja) e as algas são as principais fontes proteicas. Optou-se por usar, como tempero, o "demi-glace" de algas concentrado no hambúrguer, e o "miso" de algas no enchido, além de uma mistura própria de condimentos, desenvolvida para cada preparação. A bodelha (*Fucus* sp.) foi escolhida para o preparo do hambúrguer devido ao seu sabor ligeiramente cárneo, quando conservada em sal, já o enchido foi desenvolvido para ter sabor de pescado, nos moldes das "delícias do mar" ("kani-kama").

SOBREMESAS

O domínio das sobremesas deve ser o mais difícil de ser trabalhado, por causa da incompatibilidade entre os aromas das algas e aquilo que se considera adequado, enquanto formulação doce. Os bons resultados requerem um pouco mais de trabalho, mas não são impossíveis de serem atingidos, como pode ser verificado na **Figura 5.30**.

A receita da "panna cotta" de alga "dulce" foi adaptada da receita de gelado de "dulce", feita pelo chef dinamarquês Lars Williams, que, por sua vez, deve ter se inspirado na receita japonesa de gelado com xarope de "kombu" ou "kombu tsukudani" (Mouritsen, 2013). Alguns experimentos revelaram que a "dulce" fresca é mais apropriada para este tipo de preparação do que a seca, uma vez que esta desenvolve um sabor a peixe em conserva. A base de creme, "dulce" e açúcar, foi gelificada com agar, em concentração mínima (0,3%), e servida com "lemon curd". Uma mistura de carragenana "kappa" e "iota", combinada em proporções iguais, na mesma concentração, também funciona para o preparo.

A receita de pão-de-ló se baseia na técnica de Albert Adrià, intitulada "bizcocho-M", usada para preparar "sponge cakes", empregando sifão para aerar a massa e microondas para a sua cocção. A combinação utilizada, de "kombu" com chá-verde, mostrou-se bastante equilibrada. Essa sobremesa vai muito bem acompanhada de gelado de iogurte e cerejas.



Figura 5.30 Sobremesas com Algas

Dos ensaios realizados, alguns obtiveram mais êxito e outros menos. A ideia da presente subsecção não foi a de ter produtos prontos para o mercado consumidor, mas sim explorar o potencial das algas em diversas formulações, e tirar proveito dos processos de criação em cozinha para descobrir novos caminhos a ser percorridos.

Produtos como a granola, os "crackers" e o pão, assim como as sobremesas, tiveram boa aceitação do público em geral. Já alimentos como o chucrute, o "tempeh", o caviar, o enchido e o hambúrguer mostraram-se mais exitosos entre vegetarianos e adeptos de alimentação natural. Os sumos, os caldos e a tintura, ainda precisam de alguns ajustes. Alguns produtos mais conceituais, como o hidrolisado e o fermentado com sabor de peixe, além do o sal de algas, precisam de mais pesquisa e alguns ajustes para deixarem de ser apenas um conceito.

Formulações simples como as manteigas, azeites e vinagres poderiam perfeitamente passar para uma etapa de análise sensorial. O mesmo se passou com as massas alientícias, daí a decisão de utilizá-las na análise sensorial, assunto que abordaremos na próxima secção.

5.3 Análise Sensorial de Massas Alimentícias com Algas

5.3.1 Tratamento dos Estatísticos dos Dados

Os dados obtidos em um teste de aceitação, utilizando a escala hedônica, podem ser avaliados através de diversos métodos estatísticos, tais como a análise da distribuição de frequências (ou histogramas) e a análise de variância (ANOVA); podem, ainda, ser utilizados outros procedimentos estatísticos, dos quais se destaca o "teste de médias de Tukey", que permite verificar se há diferença significativa entre as médias (Meilgaard, Civille and Carr, 1999).

A análise estatística foi realizada com o objetivo de identificar a validade estatística (entre amostras) das características avaliadas. Os dados referentes à aparência, cor, aroma, textura, sabor, impressão global, adequação alimentar, intenção de consumo e de compra foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo realizados testes de comparação múltipla de Tukey, para verificar se há diferença significativa entre as médias. Para verificação dos atributos presentes nas amostras, empregou-se a análise CATA. Considerou-se em todos os casos um nível de significância de 95% ($p < 0,05$). Todas as análises foram efetuadas com a utilização do "software" estatístico XLSTAT (v. 2016.07.40207) para Microsoft Office Excel.

ANÁLISE ANOVA E TESTE DE TUKEY

As colunas com, ao menos, uma letra igual não diferem entre si pelo "teste de Tukey" ($p > 0,05$). Os resultados, estatisticamente tratados¹²⁴, mostram que não há diferenças significativas entre as médias atribuídas às categorias de avaliação de textura, sabor, impressão global e adequação alimentar.

¹²⁴ Para maiores detalhes acerca dos dados, consulte o **Anexo 8.4**.

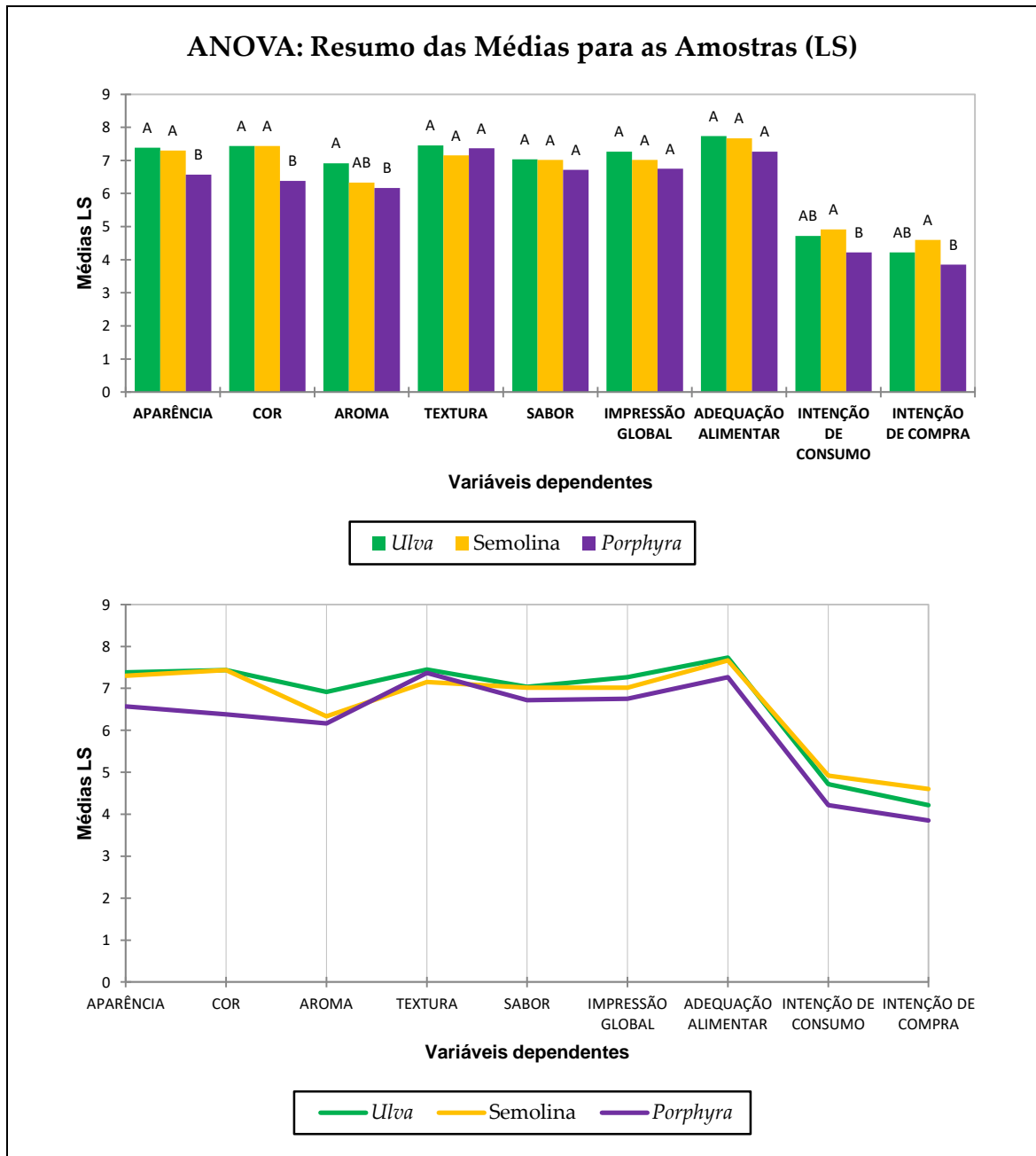


Figura 5.31 ANOVA: Resumo das Médias para as Amostras Avaliadas

No entanto, os atributos de aparência, cor, intenção de consumo e intenção de compra diferem, em especial, entre a formulação controlo (Semolina) e a feita com a alga erva-patinha (*Porphyra* sp.). No quesito aroma, apesar das algas alface-do-mar (*Ulva* sp.) e erva-patinha distinguirem-se entre si, elas não se diferenciaram em relação à massa 100% de semolina. Vale aqui uma observação: dada a ausência de exaustão no laboratório de gastronomia, é possível que o aroma intenso das massas (cozidas

separadamente), que ficou no ambiente, tenha causado alguma confusão no painel de avaliadores.

As amostras contendo erva-patinha apresentaram notas inferiores para a maioria dos atributos. Possivelmente, a cor não agradou muito aos provadores, influenciando a média da aparência e também a intenção de consumo ou compra. Além disso, o aroma da alface-do-mar foi considerado superior ao da erva-patinha. Como veremos a seguir, na análise CATA, o facto do público perceber alguns dos atributos como sendo positivos ou negativos, influencia diretamente na avaliação hedónica das categorias de análise sensorial.

Foi averiguada uma discrepância entre a adequação alimentar e a intenção de consumo ou compra. Esse dado revela que, independentemente da maioria dos consumidores considerar as formulações adequadas enquanto alimento, muitos deles não estão dispostos a consumir massas alimentícias com algas em situações do cotidiano (Tan *et al.*, 2016; Tan, van den Berg and Stieger, 2016). A despeito das médias não serem significativamente diferentes, é possível que a introdução das algas tenha conferido às massas alimentícias uma textura considerada superior, conforme foi ressaltado na literatura (Kadam and Prabhasankar, 2010).

ANÁLISE CATA

O "Teste Q de Cochran" compara as amostras de maneira independente para cada atributo. Os valores de 0 a 1, aferidos a cada atributo, permitem verificar com que frequência os consumidores identificam o respetivo atributo em determinado produto – isto é, quanto mais próximo de 1 é o valor aferido, com mais frequência os consumidores marcaram esse atributo na ficha CATA. Se, por um lado, produtos compartilhando ao menos uma letra (entre parênteses) não diferem significativamente entre si, em relação ao atributo; por outro lado, produtos que não possuam letras em comum diferem. Em suma, esse teste permite verificar a frequência com a qual um atributo é associado a determinado produto, além de analisar se há ou não diferenças significativas entre eles.

A Tabela 5.2 permite verificar os 15 atributos que diferem, estatisticamente, em pelo menos um dos produtos (dos 36 atributos avaliados e testados durante o painel¹²⁵).

Tabela 5.2 CATA: Atributos Relevantes para as Amostras Avaliadas

ATRIBUTOS	PRODUTOS		
	<i>Ulva</i> sp.	Semolina	<i>Porphyra</i> sp.
Aparência Homogénea	0,300 (a)	0,833 (b)	0,767 (b)
Aparência Heterogénea	0,550 (b)	0,067 (a)	0,067 (a)
Aparência Brilhante	0,100 (a)	0,367 (b)	0,150 (a)
Aparência Opaca	0,450 (b)	0,200 (a)	0,367 (ab)
Gosto Salgado	0,800 (ab)	0,883 (b)	0,700 (a)
Gosto Umami	0,217 (ab)	0,067 (a)	0,333 (b)
Aroma de Massa Cozida	0,283 (a)	0,783 (b)	0,300 (a)
Aroma de Algas	0,483 (b)	0,067 (a)	0,467 (b)
Aroma de Maresia	0,433 (b)	0,083 (a)	0,383 (b)
Aroma de Peixe Cozido	0,033 (ab)	0,000 (a)	0,133 (b)
Sabor a Farinha	0,150 (a)	0,633 (b)	0,200 (a)
Sabor a Algas	0,533 (b)	0,050 (a)	0,550 (b)
Sabor a Mar	0,500 (b)	0,050 (a)	0,467 (b)
Sabor a Peixe	0,050 (ab)	0,000 (a)	0,183 (b)
Sabor Intenso	0,100 (ab)	0,000 (a)	0,167 (b)

Verifica-se, no quesito aparência, que as amostras controlo (Semolina) e contendo erva-patinha (*Porphyra* sp.) foram consideradas homogéneas, enquanto a alface-do-mar (*Ulva* sp.) foi qualificada como sendo heterogênea e opaca. No que diz respeito ao atributo aparência brilhante, os resultados não parecem muito claros. Porém, pode-se supor que a massa controlo foi considerada como sendo brilhante e a massa contendo alface-do-mar opaca, enquanto a amostra contendo erva-patinha estaria numa classificação intermediária entre outras duas massas avaliadas.

Em relação ao gosto, grande parte dos avaliadores qualificaram as amostras como sendo salgadas. Apesar da massa com alface-do-mar não ter se diferenciado, estatisticamente, das demais amostras, tem-se claramente que alguns membros do

¹²⁵ Para a versão completa do "Teste Q de Cochran" consulte o Anexo 8.4.

painel consideraram a erva-patinha como tendo gosto umami. Esse resultado vai ao encontro, mais uma vez, da bibliografia disponível, que assinala, conforme discutido, a presença de compostos umami em macroalgas marinhas. Além disso, as algas do género *Porphyra* spp. são reconhecidamente ricas em glutamato monossódico e seus sinérgicos, ficando atrás, apenas, de algumas espécies de algas laminárias, em especial do género *Saccorhiza* spp. (Mouritsen *et al.*, 2012).

Enquanto as amostras contendo algas receberam repetidamente o atributo de aroma a algas, maresia e peixe cozido, sendo este último descritor conferido com mais assiduidade à massa contendo erva-patinha; a amostra controlo foi qualificada, principalmente, como tendo aroma de massa cozida. O mesmo se passou com os atributos relacionados ao sabor, qualificado como sendo de farinha, para a amostra contendo exclusivamente semolina, e de algas e mar, para as amostras com algas. Assim como na avaliação dos aromas, o predicado "sabor a peixe" foi marcado com mais frequência na amostra contendo erva-patinha.

O gráfico abaixo (**Figura 5.32**), em forma de radar, apresenta uma síntese dos atributos debatidos, assim como permite visualizar, de maneira mais eficaz, qual deles se aplica com menor ou maior frequência a cada uma das amostras avaliadas.

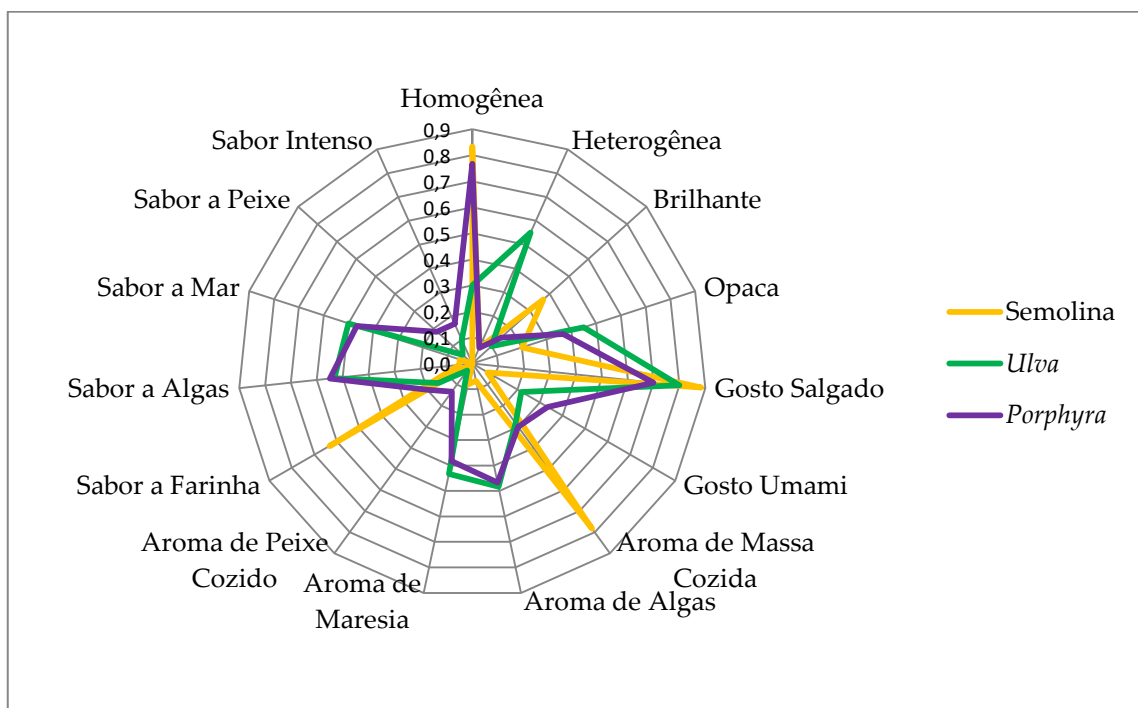


Figura 5.32 CATA: Gráfico de Atributos Relevantes para as Amostras Avaliadas

Em seguida, tendo como referência a tabela de contingências¹²⁶ gerada pelo programa, a partir da análise CATA, pode-se proceder para a "Análise de Correspondências" (CA). Da mesma maneira que a "Análise de Componentes Principais" (PCA), a CA fornece um meio de exibir ou resumir um conjunto de dados em espaços euclidianos de menor dimensão. Primeiramente, aplica-se o "Teste Qui-Quadrado" (χ^2), ao nível de significância de 5%, para verificar a dependência entre as linhas (amostras dos produtos) e colunas (atributos) da tabela de contingência. Uma vez verificado esse pressuposto, procede-se ao desenho do "gráfico simétrico" que correlaciona os atributos aferidos com os produtos avaliados.

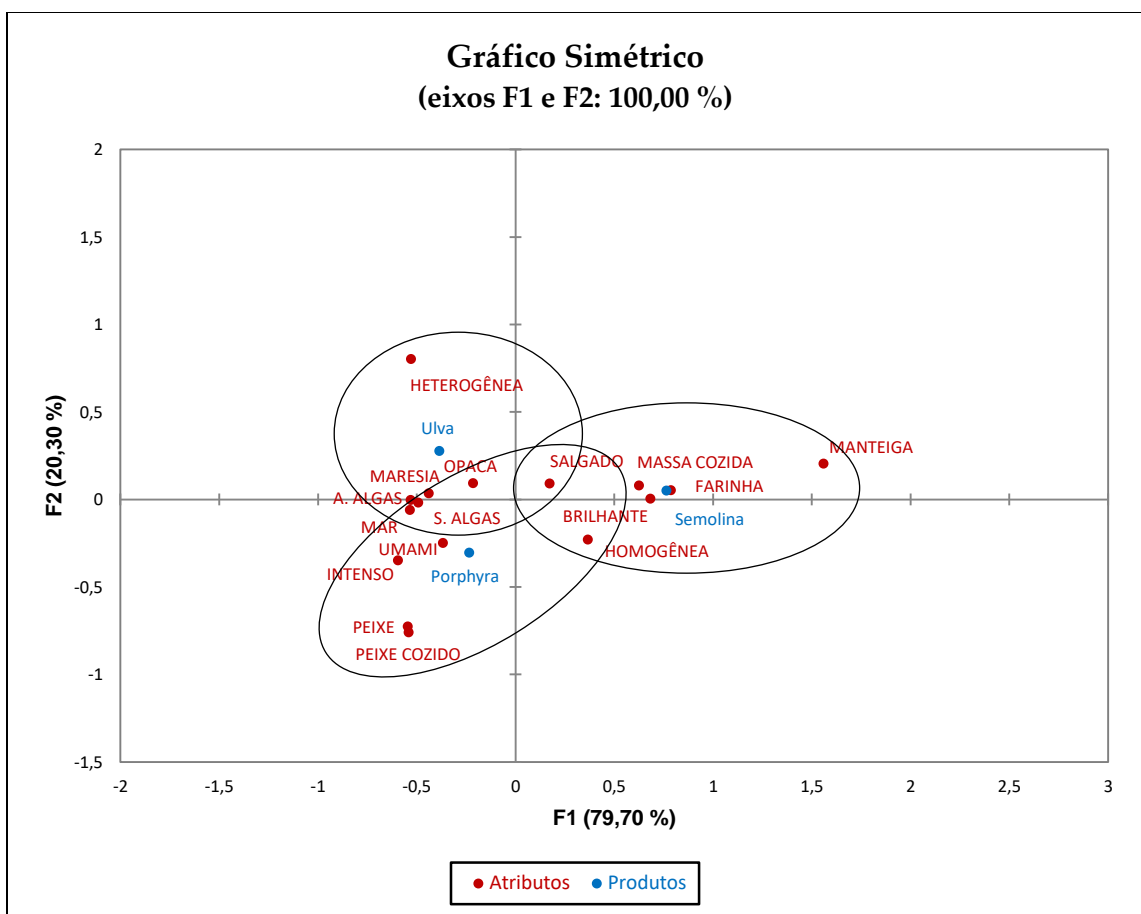


Figura 5.33 CATA: Gráfico Simétrico para os Atributos e os Produtos

¹²⁶ Tabela em formato de matriz que exibe a distribuição de frequência das variáveis, isto é, dos atributos em relação as amostras.

Como pode ser observado no gráfico acima (**Figura 3.33**), esses resultados corroboram a análise feita anteriormente para cada atributo, tendo como base o "Teste Q de Cochran". Consegue-se notar, ainda, que os atributos aroma de peixe cozido e sabor a peixe parecem se distanciar da alface-do-mar (*Ulva* sp.), relacionando-se exclusivamente com a erva-patinha (*Porphyra* sp.).

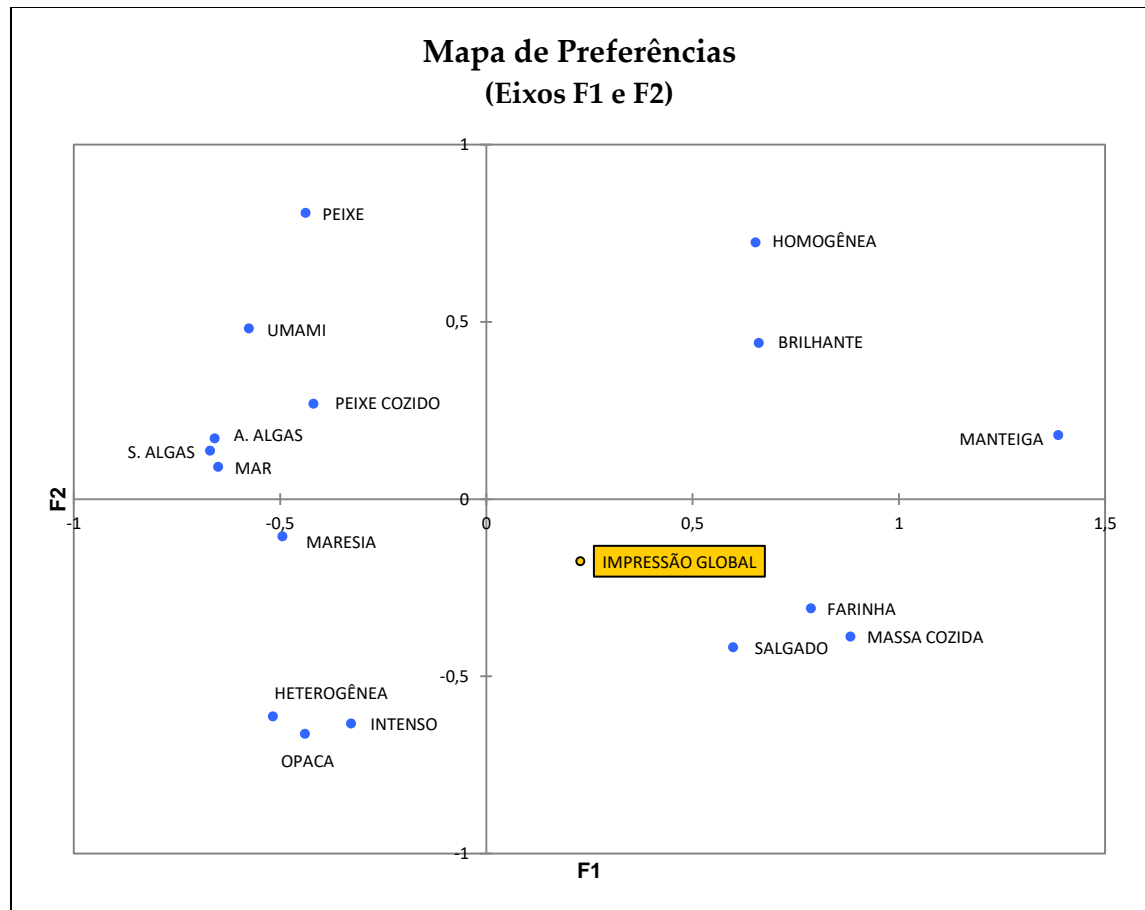


Figura 5.34 CATA: Mapa de Preferências da "Impressão Global" vs. Atributos

A "Análise de Coordenadas Principais" (PCoA) ou "Escalonamento Multidimensional" (MDS) é um método estatístico, que se baseia na distância, e tem como objetivo representar a similaridade entre dois objetos inter-relacionados e dispostos num espaço euclidiano. Para construção do gráfico, usa-se como referência uma "matriz de correlações", que sofre tratamento estatístico para dar origem às coordenadas do gráfico.

No presente caso da análise CATA, essa ferramenta tem como objetivo a construção de um mapa de preferências, correlacionando a avaliação hedônica de

"impressão global" com os atributos sensoriais significativos, ao nível de confiança de 5%. Quanto mais próximas são as coordenadas dos atributos em relação a da impressão global, maior é a inter-relação entre esses dois elementos, ou seja, maior é a probabilidade que o atributo em questão influencie a avaliação hedônica, sendo considerado um "atributo principal". Dessa maneira, o "Mapa de Preferências" (**Figura 5.34**) nos confirma que os atributos principais para as massas alimentícias avaliadas são: salgado, farinha, massa cozida e brilhante; isto é, aqueles atributos que estão relacionados, na maioria das vezes, à amostra controle.

5.3.2 Considerações Finais

Primeiramente, importa elucidar algumas melhorias que podem ser introduzidas na metodologia adotada para a análise sensorial.

Alguns participantes reclamaram do teor de sal das amostras – foi adicionado 2% de NaCl na água de cocção –, o que pode ter interferido na avaliação hedônica. Dois fatores parecem ter contribuído para isso: com o tempo e a evaporação da água, a concentração pode ter aumentado para teores acima do desejado; a presença de substâncias umami em algas pode ter aumentado a percepção do sal. Realizar uma primeira cocção em água com sal a 1,5% e regenerar a massa alimentícia apenas em água fervente (ou microondas) parece ser um bom procedimento para contornar esse problema.

A ausência de exatidão ideal parece ter confundido o sentido de alguns participantes, que identificaram aroma de algas (4 pax) e maresia (5 pax), e também sabor a algas (3 pax) e mar (3 pax), nas amostras controle, mesmo sendo essas cozidas em águas separadas. Num próximo painel, deve-se optar pela realização das avaliações em ambiente separado daquele onde são preparadas as amostras. Confirmou-se, ainda, a presença de alguns "outliers"¹²⁷, em particular, o participante de número 52. Indagar sobre o motivo da diferença de avaliação, em relação ao restante, do público pode trazer novas informações sobre o produto a ser desenvolvido.

¹²⁷ O resultado dessas avaliações não chegou a ferir o pressuposto da ANOVA de normalidade da variável dependente em cada grupo devido ao tamanho da amostra (n=60).

A análise ANOVA não foi conclusiva para interpretação de todos os dados. A "estatística F" rejeitou as médias calculadas, por regressão linear, para as categorias de avaliação seguintes: textura, sabor, impressão global e adequação alimentar ¹²⁸. Dessa maneira, a informação trazida pelas variáveis explicativas do modelo não foi significativamente melhor do que uma média básica traria. Deve-se ressaltar que essas categorias são importantes, do ponto de vista da análise sensorial, e seria desejável realizar novamente um painel com amostras, contendo maiores concentrações de algas para que as diferenças entre as médias sobressaíssem.

A análise CATA trouxe à luz algumas informações adjacentes, sobre como o painel percebe a presença e qualifica os atributos em cada amostra. Conclui-se que – para além da cor, que poderia ser melhorada nas formulações com a adição de outros ingredientes ¹²⁹ – as características organolépticas das algas verdes (*Ulva rigida*; *Codium tomentosum*), tais como "sabor a mar e algas", agradam mais ao público em geral do que o "sabor e aroma de peixe", peculiar em algumas algas vermelhas (López-Pérez, Picon and Nuñez, 2016). A solução para introduzir algas vermelhas em massas alimentícias poderia residir num pré-processamento ¹³⁰ destas, de maneira a minimizar essa característica indesejável.

Não foi elaborada nenhuma massa com algas castanhas, por conta da estação do ano ¹³¹ em que foi feito o fabrico. Contudo, os perfis de aroma dessas algas – notas verdes de pepino e clorofila, marinhas de algas, bivalves e moluscos, e iodadas – também podem ser interessantes para o fabrico de massas alimentícias (López-Pérez, Picon and Nuñez, 2016). A alga "wakame" (*Undaria pinnatifida*) já foi testada com algum sucesso nesse tipo de formulação (Prabhasankar *et al.*, 2009). Uma massa, por exemplo, feita com alga esparguete-do-mar (*Himanthalia elongata*) e tingida com carvão vegetal, poderia funcionar como um sucedâneo para as massas alimentícias à base de tinta de choco.

¹²⁸ Para maiores informações, consulte a **Tabela 8.5 do Anexo 8.4**.

¹²⁹ Extrato de clorofila de verduras e outras algas verdes para realçar a cor verde; pigmentos de outras algas vermelhas (ex., ficobilinas) e vegetais (ex., betalainas) para intensificar a cor

¹³⁰ Por exemplo, a torrefação de algas tipo nori (*Porphyra yezoensis*) converte notas de clorofila, peixe e florais em notas de chá-verde, marinhas e típicas de algas (Shu and Shen, 2012). Na experiência do presente trabalho com algas, pode-se verificar também o surgimento de notas de frutos secos (oleaginosas) nas algas que foram tostadas.

¹³¹ O mês de outubro não é a melhor época para recolha de algas castanhas.

O mapa de preferências revelou que os atributos principais são aqueles que se relacionam com a amostra controlo, isto é, a formulação ideal com algas não pode se distanciar da referência que o público consumidor tem a respeito das massas alimentícias comuns. Como visto anteriormente, é comum em formulações com alta concentração de algas secas que o público rejeite o produto, sob a alegação de que ele possui sabor exacerbado de alga marinha (Kadam and Prabhasankar, 2010). Porém, análises subjacentes do CATA (**Anexo 8.5**) revelam um impacto positivo na média para os atributos "sabor a mar" (0,529) e "sabor a algas" (0,478), revelando que há espaço para formulações com uma maior concentração de algas secas, em especial, do tipo alface-do-mar (*Ulva* sp.).

5.4 Projetos Futuros

A experiência que o trabalho de investigação propiciou no campo da ficologia gerou aprendizagem, não somente, no ramo da química e da biologia, como também suscitou reflexões, em especial, no campo da gastronomia. Essa dinâmica não se encerra por aqui.

Almeja-se o desenvolvimento de um menu degustação que represente o entroncamento da base científica com a componente artística do trabalho em cozinha. Para tal, seriam desenvolvidos pratos que façam uso do conhecimento gerado, contudo, evidenciando mais os aspetos sensoriais e criativos de uma refeição, do que produtos que atendam a critérios nutricionais, funcionais ou de viabilidade comercial.

Planeia-se dar continuidade ao desenvolvimento de novos produtos, partindo de ideias que não puderam ser completamente finalizadas no contexto da presente dissertação de mestrado, tais como: a produção de um fermentado ou hidrolisado de algas com sabor marinho; extração de sais das algas, diretamente ou a partir de resíduos industriais da indústria de ficocolóides; aperfeiçoamento do processamento de obtenção de biomassa de algas para aplicação na indústria alimentar de sumos, iogurtes e outros alimentos funcionais.

Como uma continuação natural do trabalho de desenvolvimento de novos produtos e receituário, objetiva-se escrever um livro de receitas que ajude na divulgação do campo da ficologia e ficogastronomia, alertando a população sobre os

benefícios do consumo de algas e propondo soluções práticas que possam ser empregadas no dia-a-dia.

Como diria Brillat-Savarin (1995): "A descoberta de um novo manjar causa mais felicidade ao género humano que a descoberta de uma estrela". O mesmo pode ser aplicado à descoberta de um novo ingrediente, considerando-se que ele permite criar um conjunto inteiramente novo de receitas. Dessa forma, sempre que possível, almeja-se dar continuidade às visitas de campo e ao trabalho de análise sensorial e instrumental, com ênfase nas macroalgas alimentícias não convencionais (MANC), que podem abrir novos caminhos para o uso de algas em alimentação.

Por fim, através do projeto "Alga4Food", contemplado no âmbito do programa operacional MAR 2020, pretende-se avaliar o impacto das técnicas de conservação sobre as propriedades organolépticas e nutricionais das algas, com a finalidade de introduzir novos produtos no mercado e de incorporar algas na dieta portuguesa. Esse trabalho de investigação produzirá conteúdo que será divulgado através de artigos científicos e outros meios de comunicação.

6. CONCLUSÃO

Poucos ingredientes usados na cozinha são tão versáteis como as algas marinhas. Várias culturas que fazem uso delas, desde há séculos, e as suas práticas podem ser uma importante fonte de conhecimento no seu aproveitamento em alimentação. Uma boa parte dos produtos com algas no mercado consumidor é fabricado a partir das espécies japonesas. No entanto, outras cozinhas mostram igual riqueza no aproveitamento das mesmas, como é o caso do Havaí e ilhas do Pacífico. Os havaianos picam, socam, moem, conservam em sal, secam ao sol e fermentam as algas, como forma de tornar sua consistência mais agradável, liberar aromas ou criar novos sabores. Um olhar mais atento para as cozinhas locais desses países nos permite descobrir uma série de técnicas, que podem ser aplicadas no contexto da ficogastronomia, e desenvolver novos usos para as espécies autóctones da costa portuguesa.

Os ficocolóides têm sido de grande importância para a indústria alimentar, porque permitem aperfeiçoar a qualidade dos produtos existentes, criar variações ("diet" ou "light", isentos de glúten, etc.) e desenvolver produtos inovadores e criativos. Além disso, pelas mãos do chef Ferran Adrià, eles começaram a ser popularizados na alta cozinha, sobretudo nas de vanguarda, permitindo desenvolver propostas imaginativas, que exploram os sentidos e emoções do comensal. No que diz respeito ao desenvolvimento de produtos com algas, os ficocolóides mostram-se importantes aliados para obtenção de bons resultados.

Uma grande parcela das pesquisas e aplicações atuais das algas circunscreve-se aos campos dos ficocolóides e da nutracêutica, no entanto a comunidade académica vem estudando cada vez mais as aplicações das algas no contexto alimentar. A indústria de alimentos, por sua vez, sempre em sintonia com as demandas do mercado, progressivamente, começa a lançar novos produtos com algas marinhas. Nesse cenário, os chefs surgem na figura de formadores de opinião, cabendo a eles incorporarem as algas no receituário existente, desenvolverem novas aplicações em cozinha e promoverem o uso de novas espécies.

Deve-se ressaltar, ainda, a importância daquelas espécies classificadas, no contexto desse trabalho, como sendo não convencionais (MANC). As visitas de campo efetuadas no âmbito desta dissertação revelaram que há algas com um grande potencial, e que são subestimadas enquanto alimento.

A descoberta de novas algas alimentícias promove uma paleta maior de opções, permitindo trabalhar com novos sabores e texturas. Tome-se como exemplo os caldos tipo "dashi", abordados na secção de desenvolvimento de novos produtos, que conjugaram diversos tipos de algas para reproduzir sabores do mar, em formulações isentas de proteína animal.

A análise por GC-MS permitiu, em alguns casos, construir perfis de voláteis que iam ao encontro com os descritores fornecidos pelo grupo de foco formado para, através de análise sensorial, identificar os seus aromas. Confirmou-se que o sabor das algas verdes é ditado, em particular, pela presença de sulfureto de dimetilo e aldeídos derivados de ácidos gordos polinsaturados. Já no caso das algas castanhas, além dos aldeídos, surgem feromonas como importantes compostos de aroma. Por fim, as algas vermelhas revelaram uma grande complexidade de compostos orgânicos voláteis, em especial, os halogenados, que vão ditar as suas propriedades organolépticas, tornando mais árduo o trabalho de caracterização.

O processo exploratório mostrou que tanto as ferramentas de análise instrumental e sensorial, como os conceitos subjacentes ao processo de criação em cozinha são de grande valia para o desenvolvimento de produtos. Por exemplo, a técnica de GC-MS, juntamente com a análise sensorial, evidenciaram a semelhança entre o "limo-corriola" (*Saccorhiza polyschides*) e o pepino. Com base nessa constatação, foi possível, por "associação", empregá-lo em preparos já existentes, como salada ou sumo de vegetais, em substituição do pepino. Da mesma forma, a afinidade da "wakame" (*Undaria pinnatifida*) com a couve-galega permitiu realizar o casamento com batatas, nas receitas de caldo-verde e nhoque.

Um novo caminho se descortinou para o desenvolvimento de produtos criativos (sais de algas, hidrolisados, biomassa, etc.), entretanto, estes precisam de mais tempo e de pesquisas adicionais para se materializarem.

A análise sensorial das massas alimentícias mostrou que há mercado para produtos alimentares com algas marinhas. Ela também evidenciou que o público, em particular o português, aprecia o aroma e o sabor de mar, porém, rejeita os atributos

relacionados com peixe. Talvez isso ocorra, por uma associação inconsciente entre os paralelos mar/fresco e peixe/deteriorado. Dessa forma, intuiu-se que as algas verdes (Chlorophyta) e castanhas (Phaeophyceae), devido ao sabor marítimo ou mais suave, possuem um maior potencial para aplicações em cozinha do que as vermelhas (Rhodophyta), principalmente, as mais intensas. Estas últimas, requerem trabalho extra para torná-las adequadas ao consumo.

Por questões relacionadas à problemática da alimentação – aumento da população, sustentabilidade, escassez de recursos, nutrição, saúde e prevenção – as algas são fortes candidatas como alimento do futuro, o que somente reforça a importância de estudá-las ainda mais a fundo.

Conforme discutido ao longo do trabalho, alguns dos desafios à universalização do consumo das algas são: conhecer melhor sua fisiologia, substâncias bioativas e propriedades nutricionais; trabalhar na seleção, reprodução e melhoria genética das espécies; compreender, com maior precisão, o mercado consumidor e suas demandas; desenhar produtos e soluções criativas que atendam às necessidades; fomentar a atividade de pesquisa e inovação; conscientizar o público, em geral, sobre os benefícios para saúde e as virtudes gastronômicas desse alimento.

Caso esse plano de estratégias seja implementado de maneira eficaz, pode-se inferir que o mercado para a inovação gastronômica com algas se tornará cada vez maior e mais lucrativo, gerando atividade econômica, sustentabilidade e progresso.

De facto, a ficogastronomia está em harmonia com todas as tendências atuais em termos de alimentação: as algas são um alimento saboroso, nutritivo, saudável e ecologicamente sustentável. Incumbe-nos agora, enquanto pesquisadores, o desafio e a tarefa de convencer as pessoas à consumi-las, ao menos, com mais frequência.

Espera-se, com a iniciativa desse trabalho e dos próximos que estão por vir, a apropriação consciente de um oferta generosa da natureza, mas pouco explorada em seu grande potencial, e que está ao nosso alcance desenvolver, dando uma pequena contribuição e um passo rumo à conscientização da importância das algas marinhas como recurso nutricional, num mundo carente de novas fontes de alimentação.

7. BIBLIOGRAFIA

- Abbott, I. A. (1984) *Limu: An ethnobotanical study of some hawaiian seaweeds*. 3^a ed. Kalaheo, HI, EUA: Pacific Tropical Botanical Garden.
- Acha, S. Z. (2009) *Diccionario de Gastronomía Peruana Tradicional*. 2^a ed. Lima, Peru: Universidad de San Martín de Porres. Disponível em: <http://libros.fcctp.usmp.edu.pe/diccionario-gastronomia-peruana-tradicional/>.
- Adrià, F., Adrià, A. and Soler, J. (2011) *La Historia de elBulli – Toda nuestra historia desde 1961 hasta 2011*. Roses, Espanha: elBulli Disponível em: http://www.elbulli.com/historia/version_imprimible/1961-2011_es.pdf.
- Adrià, F., Soler, J. and Adrià, A. (2004) *elBulli 1998-2002*. 1^a ed. Barcelona, Espanha: RBA Libros (Catálogo General).
- Adrià, F., Soler, J. and Adrià, A. (2006) *elBulli 2003-2004*. 1^a ed. Nova Iorque, NY, EUA: HarperCollins.
- Adrià, F., Soler, J. and Adrià, A. (2014) *elBulli 2005-2011*. 1^a ed. Londres, Inglaterra: Phaidon Press.
- Ahn, Y.-Y. *et al.* (2011) 'Flavor Network and the Principles of food pairing', *Scientific Reports*, 1(196). doi: 10.1038/srep00196.
- Aiona, K. (2003) *Ike Kuuna Limu: Learning about Hawaii's limu*. University of Hawaii. Disponível em: https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/handle/10125/7016/uhm_ms_3813_r.pdf?sequence=2.
- Aquerreta, Y., Astiasarán, I. and Bello, J. (2002) 'Use of Exogenous Enzymes to Elaborate the Roman Fish Sauce "Garum"', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(1), pp. 107–112. doi: 10.1002/jsfa.1013.
- Audouin, V. *et al.* (2001) 'Limitations in the Use of Odor Activity Values to Determine Important Odorants in Foods', in Leland, J. V. *et al.* (eds.) *Gas-Chromatography-Olfactometry: The state of the art*. 1^a ed. Washington, DC, EUA: American Chemical Society (ACS Symposium Series, 782), pp. 156–171. doi: 10.1021/bk-2001-0782.
- Bajer, T. *et al.* (2017) 'Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil, Distilled Aromatic Water and Herbal Infusion from "Epilobium parviflorum" Schreb.', *Industrial Crops and Products*, 100, pp. 95–105. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.02.016.
- Balbas, J. *et al.* (2015) 'Comparison of Physicochemical Characteristics, Sensory Properties and Volatile Composition between Commercial and New Zealand Made Wakame from "Undaria pinnatifida"', *Food Chemistry*. Elsevier, 186, pp. 168–175. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.03.079.

- Baltussen, E., Cramers, C. and Sandra, P. (2002) 'Sorptive Sample Preparation – A review', *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 373(1–2), pp. 3–22. doi: 10.1007/s00216-002-1266-2.
- Barbieri, G. *et al.* (2016) 'Reduction of NaCl in Cooked Ham by Modification of the Cooking Process and Addition of Seaweed Extract (*Palmaria palmata*)', *LWT - Food Science and Technology*. Elsevier, 73, pp. 700–706. doi: 10.1016/j.lwt.2016.06.057.
- Bengtson, S. *et al.* (2017) 'Three-dimensional Preservation of Cellular and Subcellular Structures Suggests 1.6 Billion-year-old Crown-group Red Algae', *PLOS Biology*. Editado por D. Penny, 15(3), pp. 1–38. doi: 10.1371/journal.pbio.2000735.
- Bitton, B. K. and Lustigman, L. H. (2016) *Algae Biotechnology: Products and processes*. 1ª ed. Editado por F. Bux and Y. Chisti. Cham, Suíça: Springer International Publishing (Green Energy and Technology). doi: 10.1007/978-3-319-12334-9.
- Blank, I., Sen, A. and Grosch, W. (1991) *Aroma Impact Compounds of Arabica and Robusta Coffee: Qualitative and quantitative investigations*. ASIC. 14e Colloque, nº 2339. São Francisco, CA, EUA.
- Blumenthal, H. (2009) *The Fat Duck Cookbook*. 1ª ed. Londres, Inglaterra: Bloomsbury Publishing.
- Blumenthal, H. (2010) *Cooking Tips from Heston Blumenthal, The Times*. Londres, Inglaterra. Disponível em: <https://www.thetimes.co.uk/article/cooking-tips-from-heston-blumenthal-6jlqmj899l2> (Acessado em: 10/08/2017).
- Bomfim, L. A. (Trad. . (2009) 'Grupos focais: Conceitos, procedimentos e reflexões baseadas em experiências com o uso da técnica em pesquisas de saúde', *Physis*, 19(3), pp. 777–796. doi: 10.1590/S0103-73312009000300013.
- Bona, F. D. (2007) 'Comida como Obra de Arte: Da revolução futurista à nouvelle cuisine', *Revista X*, 2, pp. 34–43. doi: 10.5380/rvx.v2i0.11776.
- Brack, P. (2016) 'Plantas Alimentícias Não-Convencionais', *Agriculturas*, June, pp. 4–5. Disponível em: http://www.agriculturesnetwork.org/wp-content/uploads/2016/11/Agriculturas_V13N2-1.pdf.
- Bravo-Linares, C. M., Mudge, S. M. and Loyola-Sepulveda, R. H. (2010) 'Production of Volatile Organic Compounds (VOCs) by Temperate Macroalgae: The use of solid phase microextraction (SPME) coupled to GC-MS as method of analysis', *Journal of the Chilean Chemical Society*, 55(2), pp. 227–232. doi: 10.4067/S0717-97072010000200018.
- Bredie, W. L. P. and Petersen, M. A. (eds.) (2006) *Flavour Science: Recent advances and trends*. 1ª edn, *Developments in Food Science*. 1ª ed. Amsterdão, Holanda: Elsevier.
- Brillat-Savarin, J. A. (1995) *A Fisiologia do Gosto*. 1ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Companhia das Letras.

- Brownlee, I. *et al.* (2012) 'The Potential Health Benefits of Seaweed and Seaweed Extract', in Pomin, V. H. (ed.) *Seaweed: Ecology, nutrient composition and medicinal uses*. 1ª ed. Hauppauge, NY, EUA: Nova Science Publishers, pp. 119–136.
- Cachet, T. *et al.* (2011) 'Guidelines for the Quantitative Gas Chromatography of Volatile Flavouring Substances, from the Working Group on Methods of Analysis of the International Organization of the Flavor Industry (IOFI)', *Flavour and Fragrance Journal*, 26, pp. 297–299. doi: 10.1002/ffj.2061.
- Camino-Sánchez, F. J. *et al.* (2014) 'Stir Bar Sorptive Extraction: Recent applications, limitations and future trends', *Talanta*. Elsevier, 130, pp. 388–399. doi: 10.1016/j.talanta.2014.07.022.
- Castells, P. (2016) 'Maridaje de Alimentos: ¿Arte o ciencia?', *Investigación y Ciencia*, January, p. 51. Disponible em: <http://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/secretos-cunicos-659/maridaje-de-alimentos-arte-o-ciencia-13826>.
- Castro, V. *et al.* (2010) *Historia y Cultura de la Alimentación en Chile: Miradas y saberes sobre nuestra culinaria*. 1ª ed. Editado por C. Sciolla. Santiago, Chile: Catalonia (Colección La Cultura en la Cocina). Disponible em: <http://www.catalonia.cl/historia-cultura-de-la-alimentacion-en-chile-miradas-saberes-sobre-nuestra-culinaria-p-2768.html>.
- Ching, S. H., Bansal, N. and Bhandari, B. (2017) 'Alginate Gel Particles – A review of production techniques and physical properties', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6), pp. 1133–1152. doi: 10.1080/10408398.2014.965773.
- Choi, S. E. (2014) 'Sensory Evaluation', in Edelstein, S. (ed.) *Food Science: An ecological approach*. 1ª ed. Burlington, MA, EUA: Jones & Bartlett Learning, LLC, pp. 84–111.
- Cofrades, S. *et al.* (2016) 'A Comprehensive Approach to Formulation of Seaweed-enriched Meat Products: From technological development to assessment of healthy properties', *Food Research International*. doi: 10.1016/j.foodres.2016.06.029.
- Cornish, M. L. and Garbary, D. J. (2010) 'Antioxidants from Macroalgae: Potential applications in human health and nutrition', *ALGAE*, 25(4), pp. 155–171. doi: 10.4490/algae.2010.25.4.155.
- Corona-Hernandez, R. I. *et al.* (2013) 'Structural Stability and Viability of Microencapsulated Probiotic Bacteria: A review', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(6), pp. 614–628. doi: 10.1111/1541-4337.12030.
- Crespi, V. and Lovatelli, A. (2011) 'Aquaculture in Desert and Arid Lands: Development constraints and opportunities', in *FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings*. Roma, Itália: FAO, p. 202.

- Cui, L., Liu, C. and Li, D. (2010) 'Changes in Volatile Compounds of Sweet Potato Tips During Fermentation', *Agricultural Sciences in China*. Chinese Academy of Agricultural Sciences, 9(11), pp. 1689–1695. doi: 10.1016/S1671-2927(09)60267-4.
- Culleré, L. *et al.* (2010) 'Characterisation of Aroma Active Compounds in Black Truffles (*Tuber melanosporum*) and Summer Truffles (*Tuber aestivum*) by Gas Chromatography–Olfactometry', *Food Chemistry*. Elsevier, 122(1), pp. 300–306. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.02.024.
- Davidson, A. (2006) *The Oxford Companion to Food*. 2ª ed. Editado por T. Jaine. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press (Oxford Companions).
- Dillehay, T. D. *et al.* (2008) 'Monte Verde: Seaweed, food, medicine, and the peopling of South America', *Science*, 320(5877), pp. 784–786. doi: 10.1126/science.1156533.
- Dória, C. A. and Atala, A. (2008) *Com Unhas, Dentes e Cuca: Prática culinária e papo-cabeça ao alcance de todos*. 1ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Senac SP.
- Dutton, R. and Wolfe, B. (2011) 'The Microbiology of Miso', *Lucky Peach*. Disponível em: <http://luckypeach.com/the-microbiology-of-miso/>.
- Enzing, C. *et al.* (2014) *Microalgae-based Products for the Food and Feed Sector: An outlook for Europe*, JRC Scientific and Policy Reports. European Commission. Editado por V. Mauro, P. Claudia, and R. C. Emilio. JRC85709. Luxemburgo, Bélgica: Publications Office of the European Union. doi: 10.2791/3339.
- Erhard, D. (1974) 'The New Vegetarians – Part Two: The zen macrobiotic movement and other cults based on vegetarianism', *Nutrition Today*, (Janeiro-Fevereiro), pp. 20–27.
- Estima, C. de C. P., Philippi, S. T. and Alvarenga, M. dos S. (2009) 'Fatores Determinantes de Consumo Alimentar: Por que os indivíduos comem o que comem?', *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*, 24(4), pp. 263–268. Disponível em: <http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/14114>.
- FAO (1990) *Properties, Manufacture and Application of Seaweed Polysaccharides – Agar, carrageenan and algin*, Training Manual on Gracilaria Culture and Seaweed Processing in China (No. 6). Pequim, China: FAO Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB730E/AB730E00.htm>.
- FAO (2007) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2006*. Roma, Itália. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0699e/a0699e.pdf>.
- Fernandes, F. *et al.* (2009) 'Volatile Constituents throughout "Brassica oleracea L. Var. acephala" Germination', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(15), pp. 6795–6802. doi: 10.1021/jf901532m.
- Ferraces-Casais, P. *et al.* (2013) 'Rapid Identification of Volatile Compounds in Fresh Seaweed', *Talanta*. Elsevier, 115, pp. 798–800. doi: 10.1016/j.talanta.2013.06.049.

- Figus, C. (2015) '375 Million Vegetarians Worldwide: All the reasons for a green lifestyle', *EXPO Magazine*, November. Disponível em: <http://www.expo2015.org/magazine/en/lifestyle/375-million-vegetarians-worldwide.html>.
- Flandrin, J.-L. and Montanari, M. (2003) *História da Alimentação*. 1ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Estação Liberdade.
- Fleurence, J. *et al.* (2012) 'What Are the Prospects for Using Seaweed in Human Nutrition and for Marine Animals Raised through Aquaculture?', *Trends in Food Science & Technology*, 27(1), pp. 57–61. doi: 10.1016/j.tifs.2012.03.004.
- Fleurence, J. (2016) 'Seaweeds as Food', in Fleurence, J. and Levine, I. (eds.) *Seaweed in Health and Disease Prevention*. 1ª ed. Amsterdão, Holanda: Elsevier, pp. 149–167. doi: 10.1016/B978-0-12-802772-1.00005-1.
- Fradique, M. *et al.* (2013) "'Isochrysis galbana" and "Diacronema vlkianum" Biomass Incorporation in Pasta Products as PUFA's Source', *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), pp. 312–319. doi: 10.1016/j.lwt.2012.05.006.
- Franco, A. (2001) *De Caçador a Gourmet*. 5ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Senac SP.
- Fratini, G. *et al.* (2012) 'Volatile Profile of Atlantic Shellfish Species by HS-SPME GC/MS', *Food Research International*, 48(2), pp. 856–865. doi: 10.1016/j.foodres.2012.06.033.
- Freitas, A. C. *et al.* (2015) 'Marine Functional Foods', in Kim, S.-K. (ed.) *Springer Handbook of Marine Biotechnology*. 1ª ed. Berlin: Springer, pp. 969–994.
- Fujimura, T. and Kawai, T. (2000) 'Enzymes and Seaweed Flavor', in Haard, N. F. and Simpson, B. K. (eds.) *Seafood Enzymes: Utilization and influence on postharvest seafood quality*. 1ª ed. New York: CRC Press, pp. 385–409.
- Gacula, M. C. (ed.) (1997) *Descriptive Sensory Analysis in Practice*. 1ª ed. Trumbull, CT, EUA: Food & Nutrition Press, Inc. doi: 10.1002/9780470385036.
- Garruti, D. dos S. *et al.* (2012) 'Sensory Evaluation in Fruit Product Development', in Rodrigues, S. and Fernandes, F. A. N. (eds.) *Advances in Fruit Processing Technologies*. 1ª ed. Boca Raton, FL, EUA: CRC Press (Contemporary Food Engineering), pp. 415–440. doi: 10.1201/b12088-18.
- Ghadiryannar, M. *et al.* (2016) 'A Review of Macroalgae Production, with Potential Applications in Biofuels and Bioenergy', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier, 54, pp. 473–481. doi: 10.1016/j.rser.2015.10.022.
- Gibson, G. R. *et al.* (2004) 'Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Updating the concept of prebiotics', *Nutrition Research Reviews*, 17(2), p. 259. doi: 10.1079/NRR200479.
- Gomes, M. E. S. and Barbosa, E. F. (1999) 'A Técnica de Grupos Focais para Obtenção de Dados Qualitativos', *Instituto de Pesquisas e Inovações Educacionais*, pp. 1–7.

- Gondim, S. M. G. (2002) 'Grupos Focais como Técnica de Investigação Qualitativa: Desafios metodológicos', *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 12(24), pp. 149–161. doi: 10.1590/S0103-863X2002000300004.
- Grosch, W. (2001) 'Evaluation of the Key Odorants of Foods by Dilution Experiments, Aroma Models and Omission', *Chemical Senses*, 26(5), pp. 533–545. doi: 10.1093/chemse/26.5.533.
- Guiry, M. D. (2012) 'How Many Species of Algae Are There?', *Journal of Phycology*, 48(5), pp. 1057–1063. doi: 10.1111/j.1529-8817.2012.01222.x.
- Guler, Z., Karaca, F. and Yetisir, H. (2013) 'Volatile Compounds in the Peel and Flesh of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Fraught onto Bottle Gourd (*Lagenaria siceraria*) Rootstocks', *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88(2), pp. 123–128. doi: 10.1080/14620316.2013.11512945.
- Gupta, S. and Abu-Ghannam, N. (2011) 'Recent Developments in the Application of Seaweeds or Seaweed Extracts as a Means for Enhancing the Safety and Quality Attributes of Foods', *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(4), pp. 600–609. doi: 10.1016/j.ifset.2011.07.004.
- Hall, C. M. et al. (eds.) (2003) *Food Tourism Around The World: Development, management and markets*. 1ª ed. Oxford, Inglaterra: Elsevier. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780750655033500051>.
- Higa, T. and Kuniyoshi, M. (2000) 'Toxins Associated with Medicinal and Edible Seaweeds', *Journal of Toxicology: Toxin Reviews*, 19(2), pp. 119–137. doi: 10.1081/TXR-100100317.
- Ho, C. and Chen, Q. (1994) 'Lipids in Food Flavors: An overview', in Ho, C.-T. and Hartman, T. G. (eds.) *Lipids in Food Flavors*. 1ª ed. Washington, DC, EUA: American Chemical Society (ACS Symposium Series), pp. 2–14. doi: 10.1021/bk-1994-0558.ch001.
- Hübschmann, H.-J. (2009) *Handbook of GC/MS: Fundamentals and applications*. 2ª ed. Weinheim, Alemanha: Wiley-VCH.
- Hui, Y. H. (ed.) (2010) *Handbook of Fruit and Vegetable Flavors*. 1ª ed. Hoboken, NJ, EUA: Wiley. doi: 10.1002/9780470622834.
- Imeson, A. (ed.) (2009) *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. 1ª ed. Oxford, Inglaterra: Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9781444314724.
- INE (2014) *Balança Alimentar Portuguesa 2008-2012*. Lisboa, Portugal. Disponível em: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=215764202&att_display=n&att_download=y.
- INE (2016) *Balança Alimentar Portuguesa 2012-2016*. Lisboa, Portugal. Disponível em: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=290085640&att_display=n&att_download=y.
- ISO (2009) *ISO 5492:2008 — Sensory Analysis - Vocabulary*. Genebra, Suíça. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/38051.html>.

- Ito, K. and Hori, K. (1989) 'Seaweed: Chemical composition and potential food uses', *Food Reviews International*, 5(1), pp. 101–144. doi: 10.1080/87559128909540845.
- IV, E. and Koppel, K. (2013) 'Associations of Volatile Compounds with Sensory Aroma and Flavor: The complex nature of flavor', *Molecules*, 18(5), pp. 4887–4905. doi: 10.3390/molecules18054887.
- Jaenicke, L. (1977) 'Sex Hormones of Brown Algae', *Naturwissenschaften*, 64(2), pp. 69–75. doi: 10.1007/BF00437346.
- Janeš, D. *et al.* (2009) 'Identification of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Aroma Compounds with GC–MS', *Food Chemistry*, 112(1), pp. 120–124. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.05.048.
- Johnson, A. J. (2014) *Flavor Chemistry and Gastronomy: Sensory, instrumental, and multivariate approaches*. University of California. Disponível em: https://www.academia.edu/20671146/Flavor_Chemistry_and_Gastronomy_Sensory_Instrumental_and_Multivariate_Approaches.
- Kadam, S. U. and Prabhasankar, P. (2010) 'Marine Foods as Functional Ingredients in Bakery and Pasta Products', *Food Research International*. Elsevier, 43(8), pp. 1975–1980. doi: 10.1016/j.foodres.2010.06.007.
- Kahn, K. B. *et al.* (eds.) (2013) *The PDMA Handbook of New Product Development*. 3^a ed. Hoboken, NJ, EUA: Wiley. doi: 10.1002/9781118466421.
- Kajiwara, T., Matsui, K., *et al.* (1993) 'Distribution of an Enzyme System Producing Seaweed Flavor: Conversion of fatty acids to long-chain aldehydes in seaweeds', *Journal of Applied Phycology*, 5(2), pp. 225–230. doi: 10.1007/BF00004022.
- Kajiwara, T., Kodama, K., *et al.* (1993) 'Volatile Compounds from Japanese Marine Brown Algae', in Teranishi, R., Buttery, R. G., and Sugisawa, H. (eds.) *Bioactive Volatile Compounds from Plants*. 1^a ed. Washington, DC, EUA: ACS Publications, pp. 103–120. doi: 10.1021/bk-1993-0525.ch009.
- Kamozawa, A. and Talbot, H. A. (2010) *Ideas in Food: Great recipes and why they work*. 1^a ed. Nova Iorque, NY, EUA: Clarkson Potter.
- Kato, K. *et al.* (2016) 'A Novel Method for Producing Softened Edible Seaweed Kombu', *LWT - Food Science and Technology*, 65, pp. 618–623. doi: 10.1016/j.lwt.2015.08.059.
- Khong, R. (2015) 'The Lucky Peach Guide to Miso', *Lucky Peach*. Disponível em: <http://luckypeach.com/guides/the-lucky-peach-guide-to-miso/>.
- Kim, S.-K. (ed.) (2015) *Springer Handbook of Marine Biotechnology*. 1^a ed. Berlin, Alemanha: Springer-Verlag GmbH (Springer Handbooks). doi: 10.1007/978-3-642-53971-8.
- Kinupp, V. F. and Lorenzi, H. (2014) *Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: Guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas*. 1^a ed. Nova Odessa, SP, Brasil: Instituto Plantarum.

- Kılınç, B. *et al.* (2013) 'Seaweeds for Food and Industrial Applications', in Muzzalupo, I. (ed.) *Food Industry*. 1^a ed. Viena, Austria: InTech, pp. 735–748. doi: 10.5772/53172.
- van Kleef, E., Otten, K. and van Trijp, H. C. M. (2012) 'Healthy Snacks at the Checkout Counter: A lab and field study on the impact of shelf arrangement and assortment structure on consumer choices', *BMC Public Health*, 12(1), p. 1072. doi: 10.1186/1471-2458-12-1072.
- de Klepper, M. (2011) 'Food Pairing Theory: A european fad', *Gastronomica: The Journal of Food and Culture*, 11(4), pp. 55–58. doi: 10.1525/gfc.2012.11.4.55.
- Koller, M., Muhr, A. and Brauneegg, G. (2014) 'Microalgae as Versatile Cellular Factories for Valued Products', *Algal Research*, 6, pp. 52–63. doi: 10.1016/j.algal.2014.09.002.
- Kort, M., Nijssen, B. and Donders, J. (2008) 'Food Pairing from the Perspective of the "Volatile Compounds in Food" Database', in Blank, I., Wüst, M., and Yeretizian, C. (eds.) *12th Weurman Symposium - Expression of Multidisciplinary Flavor Science*. Interlaken, Suíça: ICBC, pp. 589–592. Disponível em: <https://home.zhaw.ch/yere/pdf/Teil146 - Expression of Multidisciplinary.pdf>.
- Kwok, R. H. M. (1968) 'Chinese-Restaurant Syndrome', *New England Journal of Medicine*, 278(14), pp. 796–796. doi: 10.1056/NEJM196804042781419.
- Laohakunjit, N., Selamassakul, O. and Kerdchoechuen, O. (2014) 'Seafood-like Flavour Obtained from the Enzymatic Hydrolysis of the Protein by-Products of Seaweed (*Gracilaria* sp.)', *Food Chemistry*, 158, pp. 162–170. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.101.
- Lapis, T. J., Penner, M. H. and Lim, J. (2016) 'Humans Can Taste Glucose Oligomers Independent of the hT1R2/hT1R3 Sweet Taste Receptor', *Chemical Senses*, 41(9), pp. 755–762. doi: 10.1093/chemse/bjw088.
- Laudan, R. (2013) *Cuisine and Empire: Cooking in world history*. 1^a ed. Berkeley, CA, EUA: University of California Press (California Studies in Food and Culture).
- Lee, W.-K. *et al.* (2017) 'Biosynthesis of Agar in Red Seaweeds: A review', *Carbohydrate Polymers*. Elsevier Ltd., 164, pp. 23–30. doi: 10.1016/j.carbpol.2017.01.078.
- Leffingwell, J. C. (2002) 'Olfaction – Update No . 5', *Leffingwell Reports*, 2(1), pp. 1–34. Disponível em: <http://www.leffingwell.com/download/Olfaction5.pdf>.
- LePape, M.-A., Grua-Priol, J. and Demaimay, M. (2002) 'Effect of Two Storage Conditions on the Odor of an Edible Seaweed, *Palmaria palmata*, and Optimization of an Extraction Procedure Preserving its Odor Characteristics', *Journal of Food Science*, 67(8), pp. 3135–3139. doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb08871.x.
- Li, J.-M. and Nie, S.-P. (2016) 'The Functional and Nutritional Aspects of Hydrocolloids in Foods', *Food Hydrocolloids*. Elsevier Ltd, 53, pp. 46–61. doi: 10.1016/j.foodhyd.2015.01.035.

- Lim, J. (2011) 'Hedonic Scaling: A review of methods and theory', *Food Quality and Preference*. Elsevier, 22(8), pp. 733–747. doi: 10.1016/j.foodqual.2011.05.008.
- Linnemann, A. *et al.* (2006) 'Consumer-driven Food Product Development', *Trends in Food Science & Technology*, 17(4), pp. 184–190. doi: 10.1016/j.tifs.2005.11.015.
- Lobban, C. S. and Harrison, P. J. (1994) *Seaweed Ecology and Physiology*. 1^a ed. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511626210.
- López-Pérez, O., Picon, A. and Nuñez, M. (2016) 'Volatile Compounds and Odour Characteristics of Seven Species of Dehydrated Edible Seaweeds', *Food Research International*. Elsevier. doi: 10.1016/j.foodres.2016.12.013.
- MacCaughey, V. (1916) 'The Seaweeds of Hawaii', *American Journal of Botany*, 3(8), pp. 474–479. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2435240>.
- Maehre, H. K. *et al.* (2014) 'Characterization of Protein, Lipid and Mineral Contents in Common Norwegian Seaweeds and Evaluation of their Potential as Food and Feed', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(15), pp. 3281–3290. doi: 10.1002/jsfa.6681.
- Magnusson, M. *et al.* (2016) 'Seaweed Salt from Ulva: A novel first step in a cascading biorefinery model', *Algal Research*, 16, pp. 308–316. doi: 10.1016/j.algal.2016.03.018.
- Mamat, H. *et al.* (2014) 'The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread', *Journal of Applied Phycology*, 26(2), pp. 1057–1062. doi: 10.1007/s10811-013-0082-8.
- Mans, C. and Castells, P. (2011) 'La Nueva Cocina Científica', *Investigación y Ciencia*, Outubro, pp. 56–63. Disponível em: <http://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/cristales-gigantes-536/la-nueva-cocina-cientifica-9191>.
- Marinho, G. S., Holdt, S. L. and Angelidaki, I. (2015) 'Seasonal Variations in the Amino Acid Profile and Protein Nutritional Value of "Saccharina latissima" Cultivated in a Commercial IMTA System', *Journal of Applied Phycology*, 27(5), pp. 1991–2000. doi: 10.1007/s10811-015-0546-0.
- Mcgee, H. (2004) *On Food and Cooking – The science and lore of the kitchen*. Rev. Upd. Nova Iorque, NY, EUA: Scribner.
- McHugh, D. J. (2003) *A Guide to the Seaweed Industry*. 441. Roma, Itália. doi: ISBN 92-5-104958-0.
- Meilgaard, M., Civille, G. V. and Carr, B. T. (1999) *Sensory Evaluation Techniques*. 3^a ed. Boca Raton, FL, EUA: CRC Press. doi: 10.1201/9781439832271.
- Meyners, M., Castura, J. C. and Carr, B. T. (2013) 'Existing and New Approaches for the Analysis of CATA Data', *Food Quality and Preference*. Elsevier, 30(2), pp. 309–319. doi: 10.1016/j.foodqual.2013.06.010.

- Mithril, C. *et al.* (2012) 'Guidelines for the New Nordic Diet', *Public Health Nutrition*, 15(10), pp. 1941–1947. doi: 10.1017/S136898001100351X.
- Mouritsen, O. G. (2009) *Sushi: Food for the eye, the body and the soul*. 1^a ed. Boston, MA, EUA: Springer US. doi: 10.1007/978-1-4419-0618-2.
- Mouritsen, O. G. *et al.* (2012) 'Seaweeds for Umami Flavour in the New Nordic Cuisine', *Flavour*, 1(1), p. 4. doi: 10.1186/2044-7248-1-4.
- Mouritsen, O. G. (2012a) 'The Emerging Science of Gastrophysics and Its Application to the Algal Cuisine', *Flavour*. BioMed Central, 1(1), p. 6. doi: 10.1186/2044-7248-1-6.
- Mouritsen, O. G. (2012b) 'Umami Flavour as a Means of Regulating Food Intake and Improving Nutrition and Health', *Nutrition and Health*, 21(1), pp. 56–75. doi: 10.1177/0260106012445537.
- Mouritsen, O. G. (2013) *Seaweeds: Edible, available & sustainable*. 1^a ed. Chicago, IL, EUA: University of Chicago Press.
- Mouritsen, O. G. *et al.* (2013) 'The Name of Deliciousness and the Gastrophysics Behind It', *Flavour*, 2(1), p. 9. doi: 10.1186/2044-7248-2-9.
- Mouritsen, O. G. and Styrbaek, K. (2014) *Umami: Unlocking the secrets of the fifth taste*. 1^a ed. Nova Iorque, NY, EUA: Columbia University Press (Arts and Traditions of the Table: Perspectives on Culinary History).
- Myhrvold, N., Young, C. and Bilet, M. (2011) 'Volume 4 – Ingredients and Preparations', in *Modernist Cuisine - The Art and Science of Cooking*. 1^a ed. Bellevue, WA, EUA: Cooking Lab (Modernist Cuisine), pp. 15–82.
- Nakamura, E. (2011) 'One Hundred Years since the Discovery of the "Umami" Taste from Seaweed Broth by Kikunae Ikeda, who Transcended his Time', *Chemistry - An Asian Journal*, 6(7), pp. 1659–1663. doi: 10.1002/asia.201000899.
- Nakamura, Y., Narukawa, T. and Yoshinaga, J. (2008) 'Cancer Risk to Japanese Population from the Consumption of Inorganic Arsenic in Cooked Hijiki', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7), pp. 2536–2540. doi: 10.1021/jf0731797.
- Nisizawa, K. *et al.* (1987) 'The Main Seaweed Foods in Japan', *Hydrobiologia*, 151–152(1), pp. 5–29. doi: 10.1007/BF00046102.
- Nogueira, J. M. F. (2012) 'Extração Sortiva em Barra de Agitação (SBSE): Uma metodologia inovadora para microextração estática', *Scientia Chromatographica*, 4(4), pp. 259–269. doi: 10.4322/sc.2012.019.
- Oruna-Concha, M. J. *et al.* (2007) 'Differences in Glutamic Acid and 5'-Ribonucleotide Contents between Flesh and Pulp of Tomatoes and the Relationship with Umami Taste', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, pp. 5776–5780. doi: 10.1021/jf070791p.

- Page, K. and Dornenburg, A. (2008) *The Flavor Bible: The essential guide to culinary creativity, based on the wisdom of America's most imaginative chefs*. 1ª ed. Nova Iorque, NY, EUA: Little, Brown & Company.
- Patton, S. and Josephson, D. V. (1957) 'A Method for Determining Significance of Volatile Flavor Compounds in Foods', *Journal of Food Science*, 22(3), pp. 316–318. doi: 10.1111/j.1365-2621.1957.tb17017.x.
- Paul, C. and Pohnert, G. (2011) 'Production and Role of Volatile Halogenated Compounds from Marine Algae', *Nat. Prod. Rep.*, 28(2), pp. 186–195. doi: 10.1039/C0NP00043D.
- Pereira, L. (2002) 'Extracção, Caracterização e Utilização das Carragenanas', *Revista Anais*. Disponível em: <http://www.cienciaviva.pt/rede/oceanos/1desafio/Artigos/intesesobrecarragenanas.pdf>.
- Pereira, L. (2009) *Guia Ilustrado das Macroalgas*. 1ª edn, *Biologia*. 1ª ed. Coimbra, Portugal: Imprensa da Univ. de Coimbra (Natura Naturata). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316.2/2867>.
- Pereira, L. (2011) 'A Review of the Nutrient Composition of Selected Edible Seaweeds', in Vitor H. Pomin (ed.) *Seaweed: Ecology, nutrient composition and medicinal uses*. 1ª ed. Nova Iorque, NY, EUA: Nova Sciences Publishers, pp. 15–47.
- Pereira, L. (2016) *Edible Seaweeds of the World*. 1ª ed. Boca Raton, FL, EUA: CRC Press. doi: 10.1201/b19970.
- Pereira, L. and Correia, F. (2015) *Macroalgas Marinhas da Costa Portuguesa: Biodiversidade, ecologia e utilizações*. 1ª ed. Paris, França: Nota de Rodapé.
- Phillips, G. O. and Williams, P. A. (eds.) (2009) *Handbook of Hydrocolloids*. 2ª ed. Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing Limited. doi: 10.1533/9781845695873.
- Piccolo, A. (2011) *Spirulina – A Livelihood and a Business Venture*, SF/2011/16. Ébène, Maurícia: SmartFish Programme. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-az386e.pdf>.
- de Pinho, P. G. *et al.* (2009) 'Headspace-Solid Phase MicroExtraction and Gas Chromatography Mass Spectrometry Applied to Determination of Volatiles in Natural Matrices', *Functional Plant Science and Biotechnology*, 3(1), pp. 1–15. Disponível em: [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOOnline/images/0906/FPSB_3\(1\)/FPSB_3\(1\)1-15o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOOnline/images/0906/FPSB_3(1)/FPSB_3(1)1-15o.pdf).
- Prabhasankar, P. *et al.* (2009) 'Edible Japanese Seaweed, Wakame (*Undaria pinnatifida*) as an Ingredient in Pasta: Chemical, functional and structural evaluation', *Food Chemistry*. Elsevier, 115(2), pp. 501–508. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.12.047.
- Pujol, D. (2009) 'Elbulli, Historia de un Sueño – Catálogo Audiovisual 1963-2009'. Espanha: Visual13 / Televisión Española (TVE). Disponível em: <http://www.rtve.es/alacarta/videos/elbulli-historia-de-un-sueno/>.

- Rajauria, G. *et al.* (2010) 'Effect of Hydrothermal Processing on Colour, Antioxidant and Free Radical Scavenging Capacities of Edible Irish Brown Seaweeds', *International Journal of Food Science & Technology*, 45(12), pp. 2485–2493. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02449.x.
- Rambourg, P. (2013) *Histoire de la Cuisine et de la Gastronomie Françaises*. 1ª ed. Paris: Perrin (Tempus).
- Raposo, M. de J., Morais, A. de and Morais, R. de (2015) 'Marine Polysaccharides from Algae with Potential Biomedical Applications', *Marine Drugs*, 13(5), pp. 2967–3028. doi: 10.3390/md13052967.
- Reed, M. (1906) *The Economic Seaweeds of Hawaii and Their Food Value*. Honolulu, HI, EUA: USA Govern Print Office. Disponível em: <https://ia600301.us.archive.org/24/items/cu31924000636989/cu31924000636989.pdf>.
- Rentería, E. (2007) *O Sabor Moderno – Da Europa ao Rio de Janeiro na República Velha*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Forense Universitaria.
- Rioux, L.-E., Beaulieu, L. and Turgeon, S. L. (2017) 'Seaweeds: A traditional ingredients for new gastronomic sensation', *Food Hydrocolloids*. Elsevier, 68, pp. 255–265. doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.02.005.
- Rodrigues, P. (2012) 'Projeto com Hortaliças Tradicionais Visa Enriquecer a Dieta das Populações Rurais', *Embrapa - Hortaliças em Revista*, p. 4. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355126/2250572/revista_ed3.pdf.
- Roohinejad, S. *et al.* (2016) 'Application of Seaweeds to Develop New Food Products with Enhanced Shelf-life, Quality and Health-related Beneficial Properties', *Food Research International*. doi: 10.1016/j.foodres.2016.08.016.
- Rosenthal, A. J. (1999) 'Relation Between Instrumental and Sensory Measures of Food Texture', in Rosenthal, A. J. (ed.) *Food Texture: Measurement and Perception*. 1ª ed. Nova Iorque, NY, EUA: Springer, pp. 1–16.
- Roussis, V. *et al.* (2000) 'Volatile Metabolites of the Green Alga *Ulva rigida* (C.Ag)', *Journal of Essential Oil Research*. Taylor & Francis, 12(2), pp. 201–204. doi: 10.1080/10412905.2000.9699497.
- de Rovira, D. A. and Chemistry, F. (1999) *The Dictionary of Flavors – And general guide for those training in the art and science of flavor chemistry*. 1ª ed. Trumbull, CT, EUA: Food & Nutrition Press, Inc.
- Rudolph, M. J. (1995) 'The Food Product Development Process', *British Food Journal*, 97(3), pp. 3–11. doi: 10.1108/00070709510081408.
- Running, C. A., Craig, B. A. and Mattes, R. D. (2015) 'Oleogustus: The unique taste of fat', *Chemical Senses*, 40(7), pp. 507–516. doi: 10.1093/chemse/bjv036.
- Saldanha, L. (2003) *Fauna Submarina Atlântica: Portugal Continental, Açores e Madeira*. 4ª ed. Sintra, Portugal: Publicações Europa-América.

- de San, M. (2012) *The Farming of Seaweeds*, SF/2012/28. Ébène, Maurícia: SmartFish Programme. [Disponível em: http://www.fao.org/3/a-bl759e.pdf](http://www.fao.org/3/a-bl759e.pdf).
- Sarkar, S. and Costa, A. (2008) 'Dynamics of Open Innovation in the Food Industry', *Trends in Food Science & Technology*. Elsevier, 19(11), pp. 574–580. doi: 10.1016/j.tifs.2008.09.006.
- Schiener, P. *et al.* (2015) 'The Seasonal Variation in the Chemical Composition of the Kelp Species "Laminaria digitata", "Laminaria hyperborea", "Saccharina latissima" and "Alaria esculenta"', *Journal of Applied Phycology*, 27(1), pp. 363–373. doi: 10.1007/s10811-014-0327-1.
- Schutz, H. G. (1965) 'Food Action Rating Scale for Measuring Food Acceptance', *Journal of Food Science*, 30(2), pp. 365–374. doi: 10.1111/j.1365-2621.1965.tb00316.x.
- Segnit, N. (2010) *The Flavour Thesaurus*. 1^a ed. Londres, Inglaterra: Bloomsbury Publishing.
- Shahidi, F. and Ambigaipalan, P. (2015) 'Novel Functional Food Ingredients from Marine Sources', *Current Opinion in Food Science*, 2, pp. 123–129. doi: 10.1016/j.cofs.2014.12.009.
- Shepherd, G. M. (2013) *Neurogastronomy: How the brain creates flavor and why it matters*. 1^a ed. Nova Iorque, NY, EUA: Columbia University Press.
- Shu, N. and Shen, H. (2012) 'Identification of Odour-active Compounds in Dried and Roasted Nori (*Porphyra yezoensis*) Using a Simplified Gas Chromatography-SNIF Technique', *Flavour and Fragrance Journal*, 27(2), pp. 157–164. doi: 10.1002/ffj.2096.
- Siegrist, M. (2008) 'Factors Influencing Public Acceptance of Innovative Food Technologies and Products', *Trends in Food Science & Technology*. Elsevier, 19(11), pp. 603–608. doi: 10.1016/j.tifs.2008.01.017.
- Silva, I., Rocha, S. M. and Coimbra, M. A. (2010) 'Quantification and Potential Aroma Contribution of β -Ionone in Marine Salt', *Flavour and Fragrance Journal*, 25(2), pp. 93–97. doi: 10.1002/ffj.1975.
- Siró, I. *et al.* (2008) 'Functional Food. Product development, marketing and consumer acceptance – A review', *Appetite*, 51(3), pp. 456–467. doi: 10.1016/j.appet.2008.05.060.
- Smyth, H. and Cozzolino, D. (2012) 'Instrumental Methods (Spectroscopy , Electronic Nose , and Tongue) As Tools To Predict Taste and Aroma in Beverages : Advantages and Limitations'.
- Son, S. and Choe, E. (2014) 'Toasting Effects on the Lipid Oxidation, Antioxidants, and Pigments of Dried Laver (*Porphyra* spp.)', *Korean Journal of Food Science and Technology*, 46(6), pp. 677–681. doi: 10.9721/KJFST.2014.46.6.677.
- Spence, C. *et al.* (2013) 'A Touch of Gastronomy', *Flavour*, 2(1), p. 14. doi: 10.1186/2044-7248-2-14.

- van der Spiegel, M., Noordam, M. Y. and van der Fels-Klerx, H. J. (2013) 'Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(6), pp. 662–678. doi: 10.1111/1541-4337.12032.
- Sugisawa, H., Nakamura, K. and Tamura, H. (1990) 'The Aroma Profile of the Volatiles in Marine Green Algae (*Ulva pertusa*)', *Food Reviews International*, 6(4), pp. 573–589. doi: 10.1080/87559129009540893.
- Sutherland, J. E. *et al.* (2011) 'A New Look at an Ancient Order: Generic revision of the Bangiales (Rhodophyta)', *Journal of Phycology*, 47(5), pp. 1131–1151. doi: 10.1111/j.1529-8817.2011.01052.x.
- Syed, Q.-A. *et al.* (2016) 'Factors Affecting Bacterial Inactivation during High Hydrostatic Pressure Processing of Foods: A review', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), pp. 474–483. doi: 10.1080/10408398.2013.779570.
- Synytsya, A. *et al.* (2015) 'Cell Wall Polysaccharides of Marine Algae', in Kim, S.-K. (ed.) *Springer Handbook of Marine Biotechnology*. 1^a ed. Berli, Alemanha: Springer, pp. 543–590.
- Tan, H. S. G. *et al.* (2016) 'Tasty But Nasty? Exploring the role of sensory-liking and food appropriateness in the willingness to eat unusual novel foods like insects', *Food Quality and Preference*, 48, pp. 293–302. doi: 10.1016/j.foodqual.2015.11.001.
- Tan, H. S. G., van den Berg, E. and Stieger, M. (2016) 'The Influence of Product Preparation, Familiarity and Individual Traits on the Consumer Acceptance of Insects as Food', *Food Quality and Preference*, 52, pp. 222–231. doi: 10.1016/j.foodqual.2016.05.003.
- Taylor, A. J. and Mottram, D. S. (eds.) (1996) 'Flavour Science – Recent developments', in *Eighth Weurman Flavour Research Symposium*. 1^a ed. Cambridge, Inglaterra: The Royal Society of Chemistry, p. 476. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-525440-3.50002-X>.
- Tinellis, C. (ed.) (2014) *Coastal Chef – Culinary art of seaweed & algae in the 21^a Century*. 1^a ed. Ulladulla, Austrália: Harbour Publishing House. Disponível em: <https://www.harbourpublishing.com.au/products/coastal-chef>.
- Titcomb, M. (1972) *Native Use of Fish in Hawaii*. 2^a ed. Honolulu, HI, EUA: University Press of Hawaii (Memoirs of the Polynesian Society). Disponível em: <http://www.ulukau.org/elib/cgi-bin/library?c=titcomb&l=en>.
- Todol, V. (2009) *Food for Thought: Thought for food*. 1^a ed. Barcelona, Espanha: Actar.
- Traynor, M. P. *et al.* (2013) 'Sensory and Chemical Interactions of Food Pairings (Basmati Rice, Bacon and Extra Virgin Olive Oil) with Banana', *Food Research International*, 54(1), pp. 569–577. doi: 10.1016/j.foodres.2013.07.050.

- Tsai, F.-H. *et al.* (2017) 'Producing Liquid-Core Hydrogel Beads by Reverse Spherification: Effect of secondary gelation on physical properties and release characteristics', *Food Hydrocolloids*, 62, pp. 140–148. doi: 10.1016/j.foodhyd.2016.07.002.
- Valentão, P. *et al.* (2010) "'Codium tomentosum" and "Plocamium cartilagineum": Chemistry and antioxidant potential', *Food Chemistry*. Elsevier, 119(4), pp. 1359–1368. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.09.015.
- Vera, J. *et al.* (2011) 'Seaweed Polysaccharides and Derived Oligosaccharides Stimulate Defense Responses and Protection Against Pathogens in Plants', *Marine Drugs*, 9(12), pp. 2514–2525. doi: 10.3390/md9122514.
- Wanke, T. *et al.* (2015) 'C15 Acetogenins from the Laurencia Complex: 50 years of research – An overview', *Revista Brasileira de Farmacognosia*. Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 25(6), pp. 569–587. doi: 10.1016/j.bjp.2015.07.027.
- Widjaja, R., Craske, J. D. and Wootton, M. (1996) 'Comparative Studies on Volatile Components of Non-fragrant and Fragrant Rices', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 70(2), pp. 151–161. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199602)70:2<151::AID-JSFA478>3.0.CO;2-U.
- Wolfe, B. (2014) 'The Science Behind the Smells of the Seashore', *Lucky Peach*. Disponível em: <http://luckypeach.com/he-smells-sea-smells-at-the-seashore/>.
- Xu, X. *et al.* (2003) 'Comprehensive Two-dimensional Gas Chromatography (GC × GC) Measurements of Volatile Organic Compounds in the Atmosphere', *Atmospheric Chemistry and Physics*, 3(3), pp. 665–682. doi: 10.5194/acp-3-665-2003.
- Xu, Z.-R., Hu, C.-H. and Wang, M.-Q. (2002) 'Effects of Fructooligosaccharide on Conversion of L-Tryptophan to Skatole and Indole by Mixed Populations of Pig Fecal Bacteria', *The Journal of general and applied microbiology*, 48(2), pp. 83–90. doi: 10.2323/jgam.48.83.
- Yamamoto, M. *et al.* (2014) 'Determination of Volatile Compounds in Four Commercial Samples of Japanese Green Algae Using Solid Phase Microextraction Gas Chromatography Mass Spectrometry', *The Scientific World Journal*. Hindawi Publishing Corporation, 2014, pp. 1–8. doi: 10.1155/2014/289780.
- Yokoi, K. and Konomi, A. (2012) 'Toxicity of so-Called Edible Hijiki Seaweed (*Sargassum fusiforme*) Containing Inorganic Arsenic', *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. Elsevier Inc., 63(2), pp. 291–297. doi: 10.1016/j.yrtph.2012.04.006.
- Zhang, M. *et al.* (2016) 'Recent Developments in Film and Gas Research in Modified Atmosphere Packaging of Fresh Foods', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(13), pp. 2174–2182. doi: 10.1080/10408398.2013.819794.
- Zhang, W. (2015) 'Encapsulation of Transgenic Cells for Gene Therapy', in Hashad, D. (ed.) *Gene Therapy - Principles and Challenges*. 1^a ed. InTech, pp. 191–208. doi: 10.5772/61050.

8. ANEXOS

8.1 Anexo: Uma Breve História da Alta Cozinha

"De facto, a tradição culinária não consiste de um conjunto de velhas e imutáveis receitas; ela afigura-se como uma espécie de linguagem – estruturada sob a forma de ingredientes, pratos, técnicas e rituais, conjugados por uma gramática em comum – e, como tal, envolve uma adaptação contínua ao percurso histórico do povos e às necessidades do presente." [Gisela Abrantes]

A cozinha do espetáculo não é uma invenção moderna. Desde os tempos remotos, em especial nas sociedades como a da Grécia antiga ("*symposium*"), do Império Romano ("*convivium*") e da nobreza francesa (Vatel), os banquetes eram um forma de confraternização, celebrando a boa mesa e integrando as demais manifestações artísticas no contexto das artes culinárias. Eram também um espaço – muitas vezes de excessos – para que os anfitriões pudessem exibir sua riqueza e refinamento para o restante da sociedade.

Os relatos escritos e receituário, desde a Antiguidade à Idade Média, são escassos, refletindo muitas vezes os hábitos alimentares da nobreza, clero e aristocracia. Algumas obras como "*De Re Coquinaria*" de Apicius (25 aC – 37 dC), "*Le Viandier*" de Taillevent (1310 – 1395 dC) e "*De Honesta Voluptate*" (1465 dC) de Bartolomeo Sacchi, permitem ter uma breve noção das preferências alimentares da época. Os hábitos das mesas abastadas mudaram muito pouco no período citado, caracterizando-se pelo uso das carnes, de condimentos agridoces e pelo excesso de especiarias. É verdade também que os pobres e camponeses tinham uma alimentação de subsistência, fazendo uso de cereais e raízes – em pães, papas, mingaus e sopas – como fonte primária de nutrientes.

Durante o renascimento italiano, temos uma disseminação de conhecimentos e de modas culinárias prescritas, sobretudo, pela emergente classe burguesa italiana. A chegada de Catarina de Médici, em 1533, na corte francesa vai influenciar a forma de comer da nobreza, com princípios dietéticos, e propiciar a gênese da cozinha clássica francesa. Apesar das referências à procedência dos produtos datar da época dos romanos, a ascensão das cozinhas regionais é algo recente e que tem a ver com o processo de formação dos Estados Nacionais no século XVII.

Também no século XVII, durante o florescimento da cozinha francesa, cozinheiros e autores de livros de receita passaram a fazer uma nova abordagem, pregando o uso de ingredientes frescos e preparos mais leves. Vários personagens se destacaram na cena gastronômica dessa época e também da posterior, dentre os quais podemos citar: La Varenne, Menon, Grimond de La Reynière, Brillat-Savarin, Carême, Curnonsky e Escoffier.

Grimond de La Reynière e Brillat-Savarin inauguraram, sucedidos por Curnonsky, a figura do gastrônomo com seus escritos, que são uma exaltação da boa mesa. Eles intelectualizaram o ato de comer, fazendo da gastronomia uma extensão do campo das artes e da ciência, e cujo objetivo maior era o de propiciar prazer.

Embora seja do conhecimento geral que codificação da cozinha francesa tenha seus primórdios em autores como La Varenne e Menon, nada se compara aos trabalhos realizados por Carême e Escoffier nesse sentido. Carême, na sua obra "L'Art de la Cuisine Française" (1833–34), desenvolve uma culinária nos padrões da época, propõe melhorias para as condições de trabalhos nas cozinhas e classifica molhos e caldos (são listadas 186 receitas francesas e 103 estrangeiras). Escoffier, em seu monumental "Le Guide Culinaire" (1903), além de catalogar mais de 5000 receitas, confere ordem e racionalização às brigadas das grandes cozinhas.

Os princípios ditados por Escoffier vão permanecer arraigados na cultura culinária da França por anos a fio. Era impensável cozinhar algo que não estivesse prescrito no "guia". Mesmo assim, a valorização das cozinhas regionais, nas décadas de 20 e 30, já mostram um descontentamento com "*status quo*" e uma tentativa de fugir da cozinha de hotel. É somente após a 2ª Guerra Mundial, que chefs como Raymond Oliver, Fernand Point e André Guillot começam a se desvencilhar das amarras da cozinha codificada, propondo simplificações e um repertório mais leve, baseado na sazonalidade. Esses grandes chefs vão transmitir seus ensinamentos para uma legião

de cozinheiros que darão corpo ao movimento da Nouvelle Cuisine: Paul Bocuse, Michel Guérard, Jean e Pierre Troisgros, Alain Chapel, Alain Senderens e Roger Vergé.

Somente em 1973, Gault & Millau – dois críticos gastronômicos que se opuseram ferozmente à ditadura do Guide Michelin – vão oficializar a existência da "Nova Cozinha", através do manifesto "Vive la Nouvelle Cuisine", onde encontramos o "decálogo" que caracteriza esse movimento:

1. Não cozerás demais os alimentos;
2. Usarás produtos frescos e de qualidade;
3. Tornarás teu cardápio mais leve;
4. Não serás sistematicamente modernista;
5. Buscarás o que as novas técnicas podem proporcionar;
6. Evitarás as marinadas, fermentações, "faisandages", etc.;
7. Eliminarás os molhos "ricos e substanciosos";
8. Não ignorarás a dietética;
9. Não trapacearás em tua apresentação;
10. Serás inventivo.

Vale lembrar que esses valores universais não se circunscrevem apenas ao período citado e, tampouco, são uma invenção da época. Talvez a grande contribuição desse movimento seja a inauguração de uma cozinha mais autoral, onde cada chef possui um estilo próprio, e o ato de cozinhar seja uma reflexo de suas memórias, valores e espírito artístico. Por fim, poderíamos dizer que vivemos, ainda, sob os auspícios da "Nouvelle Cuisine", uma vez que esses princípios permaneceram enraizados nas cozinhas de diversos chefs que sucederam a esse movimento, como, por exemplo, Joël Robuchon, Jacques Maximin, Pierre Gagnaire, Michel Bras e Alain Ducasse.

A "Fusion Cuisine" (Cozinha de Fusão) é o movimento que sucede à "Nouvelle Cuisine", tendo suas origens em dois lugares distintos: Adelaide, no ano de 1975, pelas mãos do chef malaio Cheong Liew; na Califórnia, cinco anos mais tarde, quando Ken Hom e Jeremiah Tower propõem a cozinha "East-meets-West" (Leste/Ocidente encontra o Oeste/Oriente) em seu restaurante. Seu princípio norteador baseia-se no casamento de ingredientes e técnicas de diferentes tradições culinárias. Essa cozinha dificilmente teria se materializado enquanto movimento, se não houvesse a globalização, com suas migrações e intercâmbios de produtos.

A partir desse ponto, cerca de uma década se passou até que um grupo heterogêneo de pessoas, em especial de cientistas – Nicholas Kurti, Elizabeth Cawdry Thomas, Hervé This, Harold McGee, dentre outros – começaram a debater, em encontros realizados em Erice, na Sicília, aquilo que viríamos a conhecer por "gastronomia molecular". A Gastronomia Molecular é a ciência dedicada ao estudo das transformações físico-químicas no campo das artes culinárias. Numa definição estendida, poderíamos acrescentar que ela também se ocupa de entender, sob uma ótica científica, os mecanismos afetivos, artísticos, históricos e sociológicos que regem o preparo dos alimentos.

Paralelamente, Ferran Adrià, um cozinheiro catalão, começa a se questionar acerca do que seria criatividade em cozinha. A pedra de toque para essa reflexão é a seguinte frase, ouvida por ele em uma palestra em Biarritz, na Riviera Francesa, e proferida pelo chef francês Jacques Maximin: "Criatividade é não copiar". Resolve, a partir de então, deixar de lado os livros de receita, que integravam seu instrumental de trabalho, e transformar a cozinha de seu restaurante, o elBulli, em algo completamente inovador, um verdadeiro laboratório de ideias. A esse trabalho de investigação e desenvolvimento de receituário deu-se o nome de "busca tecno-conceitual".

Adrià, ao longo dos anos, vai introduzindo novos ingredientes, técnicas e equipamentos na cozinha de seu restaurante, subverte a estrutura dos menus, modifica radicalmente as texturas dos alimentos, cria pratos que estimulam os diversos sentidos, desenvolve uma cozinha intelectual e artística. O simples ato de comer, já não basta mais: é preciso saber qual é a filosofia de trabalho do chef, entender a ideia que ele quer transmitir ou qual o conceito por detrás de uma determinada técnica ou prato. Está consolidada, dessa forma, as raízes da vanguarda espanhola que, posteriormente, foi definida por Pau Arenos como sendo o movimento da "Cocina Tecnoemocional".

"Tecnoemocional: Movimento culinário mundial do início do século XXI, cujo principal representante é o cozinheiro Ferran Adrià. É formado por cozinheiros de diferentes idades e tradições. O objetivo dos seus pratos é criar emoção no comensal e para isso utilizam novas técnicas e tecnologias, sendo eles os descobridores ou simplesmente os intérpretes, recorrendo a sistemas e conceitos desenvolvidos por outros. Não planejam nenhum confronto com a tradição – haja vista que muitos dos pratos são evolutivos – senão, o contrário, mostram dúvida e respeito por ela. Iniciaram um diálogo com os cientistas, mas

também com artistas plásticos, escritores, poetas, jornalistas, historiadores, antropólogos..." [Pau Arenós]

Ferran Adrià irá influenciar muitos chefs com a sua cozinha tecnoemocional: Arzak, Martin Beratesegui, Joan Roca, Andoni Luiz Aduriz, Quique Dacosta, etc.

Depois da Espanha, é a vez da Dinamarca e demais países nórdicos entrarem para a cena gastronómica internacional, revelando chefs de talento, chamando a atenção da crítica especializada e impondo uma "nova" estética à apresentação de pratos. O movimento do "New Nordic Cuisine" ganha corpo através de um manifesto apresentado, em novembro de 2004, por cozinheiros nórdicos, escritores, gastrónomos e outros profissionais da alimentação, que se reuniram para debater os caminhos para o desenvolvimento de uma nova cultura alimentar nórdica (localismo). René Redzepi e Claus Meyer, seu sócio, fundam o "Nordic Food Lab", um laboratório que pretende pesquisar e desenvolver novos produtos e receitas, tendo como inspiração os ingredientes nórdicos. Essa iniciativa conta com o apoio governamental e de pesquisadores de diversas instituições.

Dessa maneira, com o tempo, o universo da gastronomia caminha numa direção mais voltada para o produto, ao invés da técnica. Algumas das tendências que passam a dominar o panorama gastronômico são: ingredientes autóctones, "foraging", parcerias com agricultores locais, uso intensivo de legumes, ervas e flores comestíveis de agricultura orgânica e sustentável, refeições mais leves, etc. Em verdade, nenhuma dessas tendências é inteiramente nova. Se voltarmos novamente atrás na história, encontraremos essas características em trabalhos de chefs como Michel Guérard e a "cuisine minceur" (cozinha dietética), Paul Bocuse e a "cuisine du marché" (cozinha do mercado), Michel Bras e o "naturalismo", Alain Ducasse e o "mediterraneanismo", Marc Veyrat, também conhecido pela alcunha de "l'herbier des montagnes" (ervanário das montanhas), Alice Waters com o seu engajamento na "sustentabilidade" e "localismo", só para ilustrar com alguns exemplos.

Todavia, pode-se afirmar que ninguém antes tenha conseguido juntar todos esses princípios e pô-los em prática com tamanha eficiência, como fizeram os nórdicos. É igualmente verdade que a "Nouvelle Cuisine" e os conceitos disseminados por Adrià estão mais vivos que nunca!

8.2 Anexo: Listas de Macroalgas Recolhidas

// PRAIA DA AGUDA, VILA NOVA DE GAIA

41° 3' 5.7" N 8° 39' 21.3" W

[11/12/2015]

01. *Ahnfeltiopsis devoniensis*;
02. *Bifurcaria bifurcata*;
03. *Calliblepharis ciliata*;
04. *Chondrus crispus*;
05. *Codium tomentosum*;
06. *Corallina officinalis*;
07. *Fucus spiralis*;
08. *Gelidium pulchellum*;
09. *Gigartina pistillata*;
10. *Gigartina pistillata*;
11. *Gracilariopsis longissima*;
12. *Mastocarpus stellatus*;
13. *Mastocarpus stellatus*;
14. *Sargassum muticum*;
15. *Ulva compressa*;
16. *Ulva rigida*.

// PRAIA DA POÇA & PRAIA DAS AVENCAS, CASCAIS

38° 42' 7.2" N 9° 23' 31.3 W & 38° 41' 18.2" N 9° 21' 37.1" W

[04/07/2016]

01. *Asparagopsis armata*;
02. *Ceramium* sp.;
03. *Codium tomentosum*;
04. *Colpomenia peregrina*;
05. *Coralina elongata*;
06. *Cytoseira tamariscifolia*;
07. *Dictyota dichotoma*;
08. *Dictyota spiralis*;
09. *Falkenbergia rufolanosa*;
10. *Laminaria* sp. (ochroleuca?);
11. *Lithophyllum incrustans*;
12. *Nemalion helminthoides*;
13. *Nitophyllum punctatum*;
14. *Phyllariopsis* sp.;
15. *Plocamium cartilagineum*;
16. *Stypocaulon scoparium*;
17. *Taonia atomaria*;
18. *Ulva clathrata*;
19. *Ulva rigida*.

// PRAIA DA BUARCOS, FIGUEIRA DA FOZ

40° 9' 46.8" N 8° 52' 37.1" W

[16/12/2016]

01. *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*;
02. *Chondrus crispus*;
03. *Codium tomentosum*;
04. *Dilsea carnosa*;
05. *Gracilaria gracilis*;
06. *Gracilaria multipartita*;
07. *Mastocarpus stellatus*;
08. *Osmundea pinnatifida*;
09. *Porphyra* sp.;
10. *Saccorhiza polyschides*;
11. *Ulva rigida*;
12. *Undaria pinnatifida*.

// PRAIA DO NORTE, VIANA DO CASTELO

41° 41' 49.8" N 8° 51' 03.5" W

[10/04/2017]

01. *Ahnfeltiopsis devoniensis*;
02. *Ascophyllum nodosum*;
03. *Bifurcaria bifurcata*;
04. *Calliblepharis jubata*;
05. *Chondracanthus acicularis*;
06. *Chondrus crispus*;
07. *Codium tomentosum*;
08. *Gelidium spinosum*;
09. *Gracilaria gracilis*;
10. *Laminaria ochroleuca*;
11. *Osmundea pinnatifida*;
12. *Pelvetia canaliculata*;
13. *Saccorhiza polyschides*;
14. *Ulva clathrata*;
15. *Ulva compressa*;
16. *Ulva rigida*.

8.3 Anexo: Tabelas de Nutrientes, Vitaminas e Minerais

Tabela 8.1 Nutrientes em Macroalgas Marinhas (% do peso seco)

ESPÉCIES	PROTEÍNAS	HIDRATOS DE CARBONO	FIBRAS DIETÉTICAS	LIPÍDIOS	CINZAS
Chlorophyta (Verdes)					
<i>Caulerpa lentillifera</i>	10 - 13	38 - 59	33	0,86 - 1,11	24 - 37
<i>C. racemosa</i>	17,8 - 18,4	33 - 41	64,9	9,8	7 - 19
<i>Codium fragile</i>	8 - 11	39 - 67	5,1	0,5 - 1,5	21 - 39
<i>Ulva compressa</i>	21 - 32	48,2	29 - 45	0,3 - 4,2	17 - 19
<i>U. lactuca</i>	10 - 25	36 - 43	29 - 55	0,6 - 1,6	12,9
<i>U. pertusa</i>	20 - 26	47,0	-	-	-
<i>U. rígida</i>	18 - 19	43 - 56	38 - 41	0,9 - 2,0	28,6
<i>U. reticulata</i>	17 - 20	50 - 58	65,7	1,7 - 2,3	-
Phaeophyceae (Castanhas)					
<i>Alaria esculenta</i>	9 - 20	46 - 51	42,86	1 - 2	-
<i>Eisenia bicyclis</i>	7,5	60,6	10 - 75	0,1	9,72
<i>Fucus spiralis</i>	10,77	-	63,88	-	-
<i>F. vesiculosus</i>	3 - 14	46,8	45-59	1,9	14 - 30
<i>Himanthalia elongata</i>	5 - 15	44 - 61	33 - 37	0,5 - 1,1	27 - 36
<i>Laminaria digitata</i>	8 - 15	48	36 - 37	1,0	38
<i>L. ochroleuca</i>	7,49	-	-	0,92	29,47
<i>Saccharina japonica</i>	7 - 8	51,9	10 - 41	1,0 - 1,9	27 - 33
<i>S. latissima</i>	6 - 26	52 - 61	30	0,5 - 1,1	34,78
<i>Sargassum fusiforme</i>	11,6	30,6	17 - 69	1,4	19,77
<i>Undaria pinnatifida</i>	12 - 23	45 - 51	16 - 51	1,05 - 4,5	26 - 40
Rhodophyta (Vermelhas)					
<i>Chondrus crispus</i>	11 - 21	55 - 68	10 - 34	1,0 - 3,0	21
<i>Gracilaria changii</i>	6,9	-	24,7	3,3	22,7
<i>G. chilensis</i>	13,7	66,1	-	1,3	18,9
<i>Palmaria palmata</i>	8 - 35	46 - 56	29 - 46	0,7 - 3	12 - 37
<i>Porphyra tenera</i>	28 - 47	44,3	12 - 35	0,7 - 1,3	8 - 21
<i>P. umbilicalis</i>	29 - 39	43	29 - 35	0,3	12
<i>P. yezoensis</i>	31 - 44	44,4	30 - 59	2,1	7,8

[Fonte: (Pereira, 2016)]

Tabela 8.2 Minerais em Macroalgas Marinhas (g/100g do peso seco)

ESPÉCIES	Na	K	P	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	I
Chlorophyta (Verdes)										
<i>Caulerpa lentillifera</i>	8917	700 - 1142	1030	780 - 1874	630 - 1650	9,3 - 21,4	2,6 - 3,5	7,9	0,11 - 2,2	-
<i>C. racemosa</i>	2574	318	29,71	1852	384 - 1610	30 - 81	1 - 7	4,91	0,6 - 0,8	-
<i>Ulva lactuca</i>	-	-	140	840	-	66	-	-	-	-
<i>U. rigida</i>	1595	1561	210	524	2094	283	0,6	1,6	0,5	-
Phaeophyceae (Castanhas)										
<i>Fucus vesiculosus</i>	2450 - 5469	2500 - 4322	315	725 - 938	670 - 994	43043	3,71	5,50	< 0,5	14,5
<i>Himanthalia elongata</i>	4100	8250	240	720	435	59	-	-	-	14,7
<i>Laminaria digitata</i>	3818	11,5 - 79	-	1005	659	3,29	1,77	< 0,5	< 0,5	-
<i>Saccharina japonica</i>	2532 - 3260	4350 - 5951	150 - 300	225 - 910	550 - 757	1,19 - 43	0,89 - 1,63	0,13 - 0,65	0,25 - 0,4	130 - 690
<i>S. latissima</i>	2620	4330	165	810	715	-	-	-	-	15,9
<i>Sargassum fusiforme</i>	-	-	-	1860	687	88,6	1,35	-	-	43,6
<i>Undaria pinnatifida</i>	1600 - 7000	5500 - 6810	235 - 450	680 - 1380	405 - 680	1,54 - 30	0,944	0,332	0,185	22 - 30
Rhodophyta (Vermelhas)										
<i>Chondrus crispus</i>	1200 - 4270	1350 - 3184	135	420 - 1120	600 - 732	42826	7,14	1,32	< 0,5	24,5
<i>Gracilaria</i> spp.	5465	3417	-	402	565	3,65	4,35	-	-	-
<i>Palmaria palmata</i>	1600 - 2500	7000 - 9000	235	560 - 1200	170 - 610	50	2,86	1,14	0,376	10 - 100
<i>Porphyra tenera</i>	3627	3500	-	390	565	43049	42796	3	< 0,63	1,7
<i>P. umbilicalis</i>	940	2030	235	330	370	23	-	-	-	17,3
<i>P. yezoensis</i>	570	2400	-	440	650	13	10	2	1,47	-

[Fonte: (Pereira, 2016)]

Tabela 8.3 Vitaminas em Macroalgas Marinhas (mg/100g da porção comestível)

ESPÉCIES	Vit. A (*em IU)	Vit. B1	Vit. B2	Vit. B3	Vit. B5	Vit. B6	Vit. B8	Vit. B9	Vit. B12	Vit. C	Vit. E
Chlorophyta (Verdes)											
<i>Caulerpa lentillifera</i>	-	0,05	0,02	1,09	-	-	-	-	-	1,00	2,22
<i>Codium fragile</i>	0,527	0,223	0,559	-	-	-	-	-	-	< 0,223	-
<i>Ulva lactuca</i>	0,017	< 0,024	0,533	9,8	-	-	-	-	0,6	< 0,242	-
<i>Ulva pertusa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03 - 2,41	-
<i>Ulva rigida</i>	9581*	0,47	0,199	< 0,5	1,70	< 0,1	0,012	0,108	6	9,42	19,70
Phaeophyceae (Castanhas)											
<i>Alaria esculenta</i>	-	-	0,03 - 0,1	0,5	-	0,01	-	-	-	10 - 50	-
<i>Fucus vesiculosus</i>	0,307	0,02	0,035	-	-	-	-	-	-	14124	-
<i>Himanthalia elongata</i>	0,079	0,020	0,020	-	-	-	-	0, 176 - 0,258	-	28,56	-
<i>Laminaria digitata</i>	-	1250	0,138	61,2	-	6,41	6,41	-	0,0005	35,5	3,43
<i>Laminaria ochroleuca</i>	0,041	0,058	0,212	-	-	-	-	0,479	-	0,353	-
<i>Saccharina japonica</i>	0,481	0,2	0,85	1,58	-	0,09	-	-	-	-	-
<i>Saccharina latissima</i>	0,04	0,05	0,21	-	-	-	-	-	0,0003	0,35	1,6
<i>Undaria pinnatifida</i>	0,04 - 0,22	0,17 - 0,30	0,23 - 1,4	2,56	-	0,18	-	0,479	0,0036	5,29	1,4 - 2,5
Rhodophyta (Vermelhas)											
<i>Chondrus crispus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06 - 0,4	1 - 1,3	-
<i>Gracilaria spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,016 - 0,149	-
<i>Gracilaria changii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,5	-
<i>Palmaria palmata</i>	1,59	0,073 - 1,56	0,51 - 1,91	1,89	-	8,99	-	0,267	0,009	6,34 - 34,5	2,2 - 13,9
<i>Porphyra umbilicalis</i>	3,65	0,144	0,36	-	-	-	-	0,363	0,029	4214	-
<i>Porphyra yezoensis</i>	16000*	0,129	0,382	11,0	-	-	-	-	0,052	-	-

[Fonte: (Pereira, 2016)]

8.4 Anexo: Food Pairing com Algas

FERRAMENTAS: "FOOD PAIRING"¹³²

O "food pairing" é uma teoria relativamente nova, que tem suas origens no encontro do chef Heston Blumenthal com o perfumista François Benzi. Intrigado pela harmonia da combinação entre chocolate branco e caviar, que ele havia testado em sua cozinha, resolve perguntar ao perfumista por que ambos os alimentos iriam tão bem juntos. A resposta foi a de que eles compartilhavam importantes compostos aromáticos, em especial algumas aminas – como a "trimetilamina" que possui um aroma que remete a peixe¹³³ (em decomposição) (de Klepper, 2011).

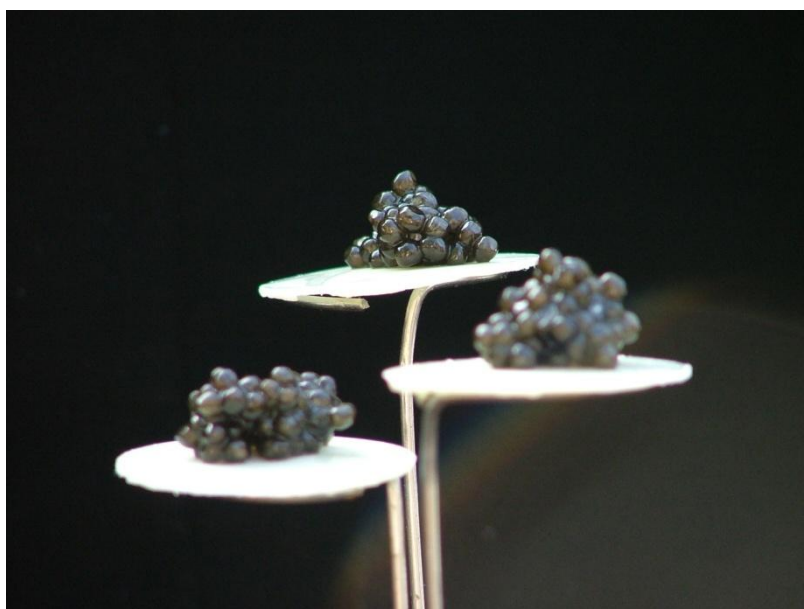


Figura 8.1 Hóstias de Chocolate Branco com Caviar.

[Crédito: Heston Blumenthal]

Mais tarde, no "workshop" de "Gastronomia Molecular" de 2001, em Erice (Itália), Benzi sugeriu que carne de porco e jasmim combinariam, porque eles

¹³² Optou-se por utilizar a expressão em inglês "food pairing" (harmonização de alimentos) porque foi dessa maneira que o jargão ficou conhecido no meio da gastronomia, mesmo em países de língua portuguesa.

¹³³ Good Scents Company | Trimethyl Amine - Organoleptic Properties. Disponível em: <http://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1009301.html#toorgano> (Acessado em: 31/05/2017)

compartilhavam o composto de sabor indol¹³⁴. Intrigado pelo universo que se descortinava, Blumenthal resolveu comprar uma licença da base de dados "Volatile Compounds in Food" (VCF)¹³⁵ e começou a fazer novos casamentos inovadores de ingredientes tais como: salmão e alcaçuz, ostras e maracujá, banana e salsa. O sucesso de suas combinações encorajou gastrónomos como Bernard Lahousse e Martin Lersch a seguirem pelo mesmo caminho. Blogs como o "Khymos"¹³⁶, sites como o "FoodParing.be"¹³⁷ e conferências como a "Flemish Primitives" adotaram a ideia, impulsionando, ainda mais, essa nova tendência no panorama gastronómico (de Klepper, 2011).

O "food pairing" apoia-se na seguinte premissa: alimentos distintos combinarão entre si, quanto mais compostos aromáticos compartilharem (Ahn *et al.*, 2011). Ele também leva em consideração que o olfato representa 80% daquilo que percebemos como sendo o sabor de um alimento – os outros 20% referem-se ao gosto e sensação de "textura na boca" (Shepherd, 2013). Para a construção da árvore de "food pairing", o perfil de voláteis de um determinado alimento, gerado normalmente por cromatografia gasosa com espectrometria de massa, é comparado com o de outros alimentos, em uma base de dados de voláteis como a VCF. Os ingredientes que possuírem compostos em comum são retidos e organizados por "afinidade", isto é, em ordem decrescente, pela quantidade de compostos compartilhados.

Um algoritmo pode ser desenvolvido para confrontar outras informações tais como, por exemplo, a participação relativa do ingrediente na receita analisada, a quantidade do composto nos alimentos comparados e o seu limiar de deteção, etc. (Ahn *et al.*, 2011). Isso porque não se pode ignorar as proporções entre os ingredientes que queremos harmonizar. Acrescenta-se a isso, como veremos mais adiante, o facto de que uma substância química existir em abundância em um ingrediente, tampouco implica em que ela seja uma protagonista no perfil aromático. Além disso, compostos

¹³⁴ Que curiosamente tem um odor intenso a fezes quando em altas concentrações. Porém, em baixas concentrações ele é uma das substâncias responsáveis pelo aroma de algumas flores, tais como laranjeira e jasmim. Aliás, ele é o composto responsável pela diferenciação entre os arrozes tipo agulhinha e os arrozes aromáticos, tais como o "basmati" e o "jasmim" (Widjaja, Craske and Wootton, 1996; Leffingwell, 2002; Xu, Hu and Wang, 2002).

¹³⁵ Mais precisamente a "VCF 2000" (versão "off-line"), disponível para compra em: <http://www.leffingwell.com/basis1.htm> (Acessado em: 31/05/2017).

¹³⁶ **Khymos Blog**. Disponível em: <http://blog.khymos.org/> (Acessado em: 31/05/2017).

¹³⁷ Atualmente, no endereço: <https://www.foodpairing.com/> (Acessado em: 31/05/2017).

presentes na amostra que estão em concentrações abaixo do seu limiar de detecção tampouco vão ser relevantes para o aroma de um alimento (Blank, Sen and Grosch, 1991; Grosch, 2001).

Comparar os sabores de ingredientes individualmente pode resultar em novas e inesperadas combinações, como é o caso de morangos e ervilhas, um casamento adotado pelo chef Sang Hoon Degeimbre do restaurante "L'Air du Temps", na Bélgica (**Figura 8.2A**). A associação de alimentos é um dos componentes artísticos do trabalho do cozinheiro, sendo a capacidade de promover novas combinações o que pode separar o cozinheiro fenomenal do medíocre.

Ferran Adrià, eleito melhor chef do mundo por diversos anos consecutivos, ficou famoso não somente por seu arsenal de técnicas de vanguarda, mas também por propor combinações inusitadas de ingredientes (**Figura 8.2B**), muitas vezes com a mera intenção de provocar. Por esse motivo, a busca por inovação na harmonização de sabores é algo que está presente na cabeça de qualquer chef que se valorize (de Klepper, 2011).



Figura 8.2 Food Pairing: Exemplos na Cozinha de Autor

[Crédito: Sang Hoon Degeimbre; Ferran Adrià]

VALIDAÇÃO DA HIPÓTESE ¹³⁸

Os primeiros pesquisadores a ensaiar sobre a validade científica do "food pairing" foram os próprios responsáveis da base de dados VCF, Miriam Kort e Ben Nijssen, no artigo "Food Pairing from the Perspective of the Volatile Compounds in Food Database" apresentado no "XII Simpósio Weurman". Para aceitar ou rejeitar a hipótese do "food pairing", eles partiram da seguinte premissa: os valores atribuídos, por escala hedônica em análise sensorial, a dois ingredientes "afins", em separado, não poderiam ser superiores ao valor auferido à combinação dos mesmos. Apesar da rejeição da hipótese por tal metodologia, os próprios autores fazem um "*mea culpa*", dizendo que as condições em que os testes foram feitos não refletem o contexto de uma refeição em restaurante de cozinha autoral (Kort, Nijssen and Donders, 2008). Além disso, nota-se a ausência de qualquer tratamento estatístico dos dados, apesar da intenção de se discutir a teoria por uma via científica.

Somente com o artigo "Flavor Network and the Principles of Food Pairing" é que a teoria pôde ser testada de maneira mais robusta. O trabalho de investigação, na área de física estatística, concluiu que as cozinhas da Europa Ocidental e América do Norte validam essa hipótese. Porém, na prática, com base no receituário disponível, temos que a hipótese fundamental do modelo é rejeitada para algumas cozinhas regionais – em especial, a do Leste Asiático e Mediterrânea (Ahn *et al.*, 2011). Esse fenómeno ficou conhecido por "anti-pairing".

Numa tentativa de entender, pela perspectiva histórica, esses processos de "pairing" e "anti-pairing", foi preciso olhar para essas culinárias sob uma visão evolutiva. A cozinha, de uma maneira geral, não opera somente pela ótica da "composição" ¹³⁹ ideal dos sabores, mas também por "justaposição" ¹⁴⁰ e "sobreposição" ¹⁴¹ (Dória and Atala, 2008). Talvez as reflexões de Ariovaldo Franco, sobre Carême, tragam alguma luz à discussão:

¹³⁸ Para uma melhor compreensão da evolução da gastronomia sob uma perspectiva histórica, assim como alguns de seus conceitos fundamentais, consulte o **Anexo 8.1**.

¹³⁹ **Composição:** quando há junção de sabores harmónicos que se fundem; por exemplo, "natas e gemas de ovos".

¹⁴⁰ **Justaposição:** quando há junção de dois sabores fortes que potencializam um ao outro sem a dominância de um elemento; por exemplo, "chocolate (forte) com laranja (forte)".

¹⁴¹ **Sobreposição:** quando há um sabor mais fraco que dá suporte a um mais forte; por exemplo, "frango (fraco) ao caril (forte)".

"Apesar de seus aspectos complicados, [a sua obra] representa uma contribuição no sentido da simplificação. Ele propõe a busca de combinações ideais de sabores, em vez de sua mera justaposição [...]. Divulgou o conceito de que sabores e odores não podem ser julgados isoladamente, mas, sim, por seu inter-relacionamento, fez um trabalho e codificação sem precedentes na história da grande 'cuisine'" (Franco, 2001, p. 174).

Historiadores da alimentação concordam que houve uma visível quebra de paradigma entre as cozinhas da Antiguidade / Idade Média e da Modernidade, com as preferências caminhando na direção da simplificação do receituário, remoção do excesso de molhos agri-doces e especiarias, além de uma busca pelos sabores "puros" dos ingredientes (Flandrin and Montanari, 2003). Além disso, deve-se destacar que a soberania da gastronomia francesa, sobre as demais cozinhas europeias, acabou por influenciar nos modos de se preparar os alimentos (Rambourg, 2013). Dessa maneira, vale questionar: – Será que a cozinha do mundo ocidental não foi sendo moldada ao longo do tempo, por um lado, no sentido de se afastar da justaposição e da contraposição de sabores, por outro lado, na direção de buscar composições mais harmônicas?

Um estudo mais recente intitulado "Analysis of Food Pairing in Regional Cuisines of India", concluiu que os grandes protagonistas do "anti-pairing" nas cozinhas regionais da Índia são as especiarias. Algumas simulações feitas com a ferramenta FoodPairing®¹⁴², para as algas estudadas, mostram que há uma tendência a haver casamento com carnes, peixes, lácteos, vegetais, frutas e cereais; contudo, a possibilidade de harmonização reduz, drasticamente, em relação às especiarias e ervas.

Partindo dessa constatação – agora não mais histórica, mas sim empírica – talvez consigamos entender o porquê do receituário asiático e do mediterrâneo não corroborarem a teoria do "food pairing". A cozinha asiática, excetuando-se a do Japão, faz uso intensivo e extensivo de condimentos; assim como a cozinha do mediterrâneo se caracteriza pela abundância de ervas aromáticas nos diversos preparos. Já as cozinhas do Norte da Europa e da América se definem pela simplificação nos casamentos de sabores, fazendo uso de ingredientes que são conhecidos por compartilharem compostos aromáticos (Ahn *et al.*, 2011). Do mesmo modo, embora não haja um estudo sobre o "pairing" de ingredientes na cozinha japonesa, uma breve

¹⁴² FoodPairing®. Disponível: <https://www.foodpairing.com/> (Acessado em: 31/05/2017).

consulta à base de dados FoodPairing® nos permite perceber que as algas, em geral, fazem um bom casamento de sabores com uma série de ingredientes comuns na culinária do Japão, tais como: peixes, arroz, chá verde, ameixa ("umeboshi"), pickles de "sakura" (flor de cerejeira), etc.

Por fim, vale fazer uma breve reflexão: o "food pairing", enquanto ciência, ainda tem muito que evoluir. Ele deve se afastar, cada vez mais, da teoria de partilha de voláteis – para explicar porque os alimentos casam em um determinado prato – e perseguir uma vocação própria, enquanto campo de estudo que busca compreender porque algumas cozinhas operam em modelos de "pairing" ou "anti-pairing", de modo similar ao que aconteceu com a "gastronomia molecular"¹⁴³ e a "cozinha molecular"¹⁴⁴.

CRÍTICAS

Como vimos anteriormente, o "food pairing" é uma teoria polêmica, sob a ótica da validade científica. Uma reflexão mais crítica sobre o assunto aponta algumas limitações do modelo, que serão destacadas em seguida:

- Não há nenhuma evidência científica de que as pessoas combinem alimentos com essa motivação; Aliás, há uma série de outros fatores determinantes que podem explicar as preferências pessoais de consumo, tais como biológicos, económicos, abundância/escassez, socioculturais e relacionados com a educação do paladar (Estima, Philippi and Alvarenga, 2009; de Klepper, 2011).
- Os alimentos em geral, assim como as algas, são suscetíveis a transformações de acordo com diversas variáveis – estações do ano, "terroir", maturação, processamento, armazenagem, etc. – não havendo um perfil único de voláteis para caracterizá-lo (LePape, Grua-Priol and Demaimay, 2002; Balbas *et al.*, 2015; Schiener *et al.*, 2015).
- A teoria presume que todos os humanos detetam voláteis como equipamentos de análise instrumental. Na verdade, o cérebro não é capaz de fragmentar os estímulos em compostos individuais. Igualmente, não conseguimos detetar (ou reconhecer) aromas em concentrações abaixo do limiar de deteção (ou reconhecimento). A neurociência acredita que o cérebro processa os aromas e suas combinações, mais

¹⁴³ Campo de estudo que busca entender pela ótica da ciência como se dão as transformações físico-químicas dos alimentos ao cozinhá-los.

¹⁴⁴ Ferramenta de suporte a criação gastronómica que faz uso de algumas descobertas e conceitos da gastronomia molecular de maneira a introduzir novas ferramentas, produtos e métodos para o preparo dos alimentos.

ou menos da mesma maneira que faz com as imagens. Como a linguagem possui suas limitações, daí decorre a dificuldade de se descrever os estímulos ¹⁴⁵ (de Klepper, 2011; Shepherd, 2013).

- A teoria se baseia, exclusivamente, no papel dos voláteis, não levando em consideração outros aspetos da matriz alimentar (composição e proporções), assim como ignora outras características organolépticas fundamentais (gosto, aparência e textura) (IV and Koppel, 2013; Traynor *et al.*, 2013).
- Por fim, conforme vimos acima, só podemos supor que a teoria do "food pairing" existe, se conseguirmos provar, cientificamente, que o casamento de dois alimentos são mais bem avaliados em conjunto do que individualmente, por exemplo, através da análise sensorial (Kort, Nijssen and Donders, 2008; de Klepper, 2011).

É possível que algumas dessas limitações do modelo possam ser superadas com alguns ajustes, porém, é pouco provável que o "food pairing" possa ser aplicado como uma espécie de lei universal do casamento de alimentos. O próprio pai da ideia, Heston Blumenthal, fez uma autocrítica há alguns anos atrás, em matéria para o jornal inglês "The Times":

"Agora eu sei que uma base de dados de voláteis não é um atalho para combinar com sucesso, nem uma maneira segura de fazê-lo. Qualquer gánero alimentício é constituído por milhares de moléculas diferentes; afirmar que dois ingredientes têm um composto em comum é uma fraca justificativa para a compatibilidade" (Blumenthal, 2010).

Feitas essas ressalvas, devemos lembrar, contudo, que o "food pairing" converteu-se em uma ferramenta muito empregada por chefs de cozinha e empresas de alimentos no desenvolvimento de novos pratos e produtos (Castells, 2016). Talvez o grande problema dessa teoria seja o de ter tentado se travestir de ciência. Mas esse não é o objetivo aqui: recorreu-se ao "food pairing" como ferramenta de criação, tendo-se em conta que a ficogastronomia é plano muito pouco explorado pela cozinha do ocidente, e, por esse motivo, as referências sobre a harmonização de algas com outros ingredientes são praticamente inexistentes.

É verdade que o conceito de "associação culinária" figura como uma ferramenta muito mais eficaz no plano da criação de novos pratos. Por exemplo, o conceito de

¹⁴⁵ A maioria das pessoas reconhece de maneira pouco precisa combinações de compostos, qualificando-as com descritores genéricos como "frutado, amadeirado ou cárneo" (de Klepper, 2011).

"crossroad cooking" que se apoia na ideia de que o encontro e a união de diferentes pessoas, ao redor do globo e ao longo da história, se refletem em misturas únicas de alimentos¹⁴⁶. Além disso, há algumas obras que sugerem combinações e permitem criar novas, a partir de harmonizações de alimentos já consagradas por outros cozinheiros¹⁴⁷ (de Klepper, 2011). A verdade é que todas as ferramentas são válidas, pela ótica da criação, recorrendo-se a elas sem juízo de valor, para o desenvolvimento de novos receitas.

RESULTADOS

A título de exemplo, foi desenvolvida uma base de dados¹⁴⁸ com todos os ingredientes que compartilham compostos voláteis com as algas analisadas por cromatografia gasosa: alface-do-mar (*Ulva rigida*), chorão-do-mar (*Codium tomentosum*), "wakame" (*Undaria pinnatifida*), limo-corriola (*Saccorhiza polyschides*), cabelo-de-velha (*Gracilaria gracilis*), erva-malagueta (*Osmundea pinnatifida*) e musgos (*Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*). Depois, uma vez identificadas as substâncias por análise instrumental, fez-se o cruzamento das informações para construção das árvore de "food pairing". Entretanto, devido à complexidade do trabalho e ao volume de informação gerado, somente foi possível concluir em tempo hábil o estudo para a

¹⁴⁶ Como exemplo, o autor cita a cozinha macaense que reúne influências coloniais portuguesas e chinesas no modo de cozinhar, incorporando princípios de uma cozinha no receituário de outra e materializando-se em receitas como "pasteis de nata" (receita portuguesa) com "gengibre" (tempero chinês).

¹⁴⁷ Como, por exemplo, as obras "The Flavor Bible" ou "The Flavour Thesaurus" (Page and Dornenburg, 2008; Segnit, 2010).

¹⁴⁸ A partir de várias bases de dados gratuitas "em linha":

- **Good Scents Company**; Disponível em: <http://www.thegoodscentscompany.com/search2.html> (Acessado em: 01/06/2017);
- **Dr. Duke's Phytochemical and Ethnobotanical Databases**; Disponível em: <https://phytochem.nal.usda.gov/phytochem/search> (Acessado em: 01/06/2017);
- **FooDB**; Disponível em: <http://foodb.ca/> (Acessado em: 01/06/2017);
- **KNAPSAcK Core System**; Disponível em: http://kanaya.naist.jp/knapsack_jsp/top.html (Acessado em: 01/06/2017);
- **SuperScent**; Disponível em: <http://bioinf-applied.charite.de/superscent/index.php?site=scentsearch> (Acessado em: 01/06/2017);
- **Volatile Compounds in Food (VCF) online ver. 16.3 | Compound Search**; Disponível em: <http://www.vcf-online.nl/VcfCompoundSearch.cfm> (Acessado em: 01/06/2017)

Essa base de dados foi utilizada quando não foram encontrados resultados nas outras bases citadas acima e/ou os resultados eram inferiores a 5 ingredientes – que é o número máximo de referências disponibilizadas na versão gratuita "guest user".

alface-do-mar. Optou-se, então, por deixar essa tarefa para um projeto futuro e prosseguir com o uso de uma ferramenta já existente de "food pairing": a FoodParing®.

Infelizmente, a segunda opção está longe de ser considerada ideal: apesar da "interface" amigável, não foi possível aferir quais são os compostos voláteis em comum entre os alimentos pareados e, tampouco, se pode depreender como é gerada a estatística de "match". Além disso, ela carece de referência bibliográfica sobre a aquisição dos dados, e muitos dos ingredientes estão separados por variedade, fabricante e método de processamento empregado, o que dificulta a leitura dos dados, uma vez que estes precisam ser agregados¹⁴⁹ ou depurados¹⁵⁰. Acredita-se que a ferramenta "VCF on-line"¹⁵¹ seja mais adequada para o estudo do "food pairing", porém o custo de 1.200 euros por uma subscrição anual está fora do orçamento da presente tese.

Os resultados encontrados na pesquisa feita ao FoodParing® seguem abaixo e, para maiores detalhes sobre outras possíveis combinações com as algas estudadas, consulte as tabelas de "food pairing" (no final do presente anexo):

¹⁴⁹ Nesse quesito, a ferramenta VCF facilita o trabalho uma vez que agrega diferentes variedades de ingredientes assim como produtos com diferentes processamentos (por exemplo, fresco ou seco, cru ou cozido, etc.) sob uma mesma categoria, grafada em MAIÚSCULO. Utilizou-se a mesma metodologia para construção da base de dados própria. Vale ressaltar, que o desmembramento em subcategorias pode ser útil em alguns casos – por exemplo, na VCF as algas estão todas reunidas em 3 grandes grupos denominados BROWN, RED e GREEN ALGAE.

¹⁵⁰ Marcas de produtos, carnes processadas e formulações que envolvam mais de um ingrediente, a exceção dos laticínios, foram excluídos dos resultados na presente análise.

¹⁵¹ **Volatile Compounds in Food (VCF) online ver. 16.3.** Disponível em: <http://www.vcf-online.nl/> (Acessado em: 01/06/2017)

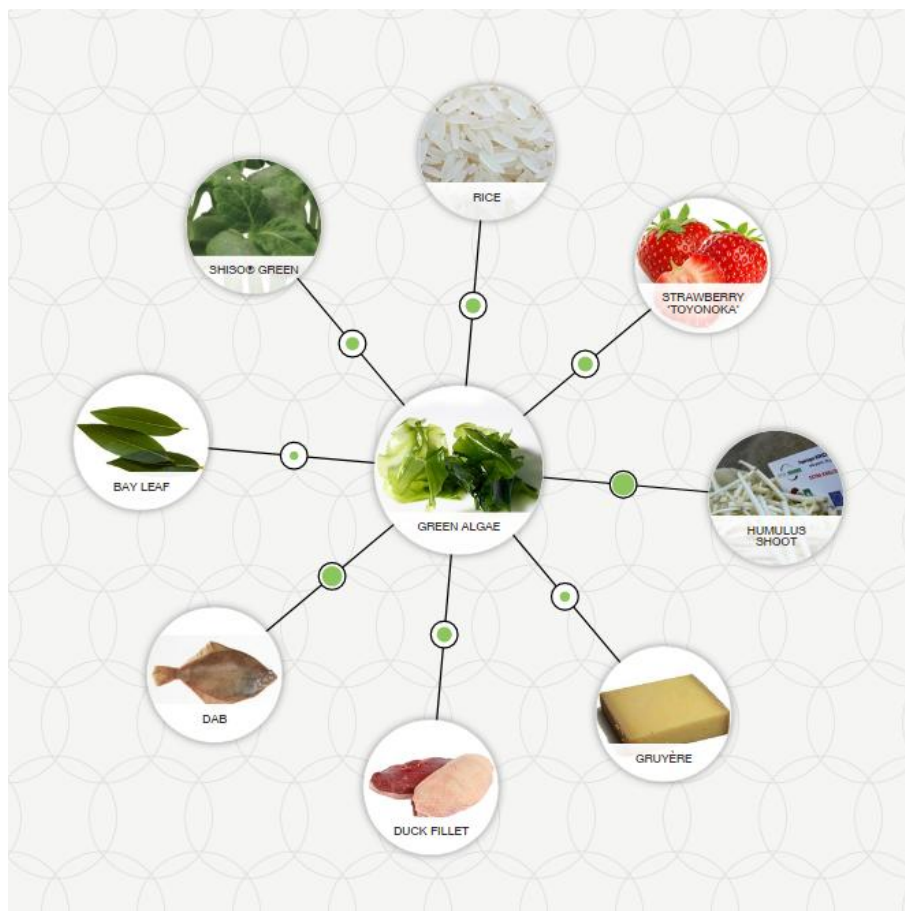


Figura 8.3 Food Pairing: Algas Verdes (*Ulva* spp.)

[Crédito: FoodPairing® | <https://inspire.foodpairing.com/>]

Com base nos resultados acima, podemos intuir algumas aplicações para as algas estudadas, em especial, no contexto da culinária portuguesa. A alface-do-mar (*Ulva* sp.) poderia entrar numa formulação à base de arroz, tomate e peixe (linguado, pregado, tamboril, etc.), que já é bastante familiar ao receituário português.



Figura 8.4 Food Pairing: *Codium* sp.

[Crédito: FoodPairing® | <https://inspire.foodpairing.com/>]

A alga "wakame", para além da receita proposta de caldo-verde, poderia ser servida como acompanhamento para os tradicionais bifeinhos de porco com molho de natas e cogumelos, que poderia levar estragão ao invés de louro.



Figura 8.5 Food Pairing: "Wakame" (*Undaria pinnatifida*)

[Crédito: FoodPairing® | <https://inspire.foodpairing.com/>]

As algas da família Laminariaceae, dada a riqueza em substâncias umami e "pairing" com arroz, poderiam entrar na composição dos caldos base para o preparo de arroz malandrinho; uma sugestão seria usar amêijoas, pimentos e hortelã como ingredientes, devido à afinidade com a alga.

É interessante notar que temos a junção de ingredientes comuns à culinária japonesa numa mesma árvore de *food* "pairing": salmão, arroz e algas "nori" – que são os ingredientes do "niguri-sushi" de salmão.

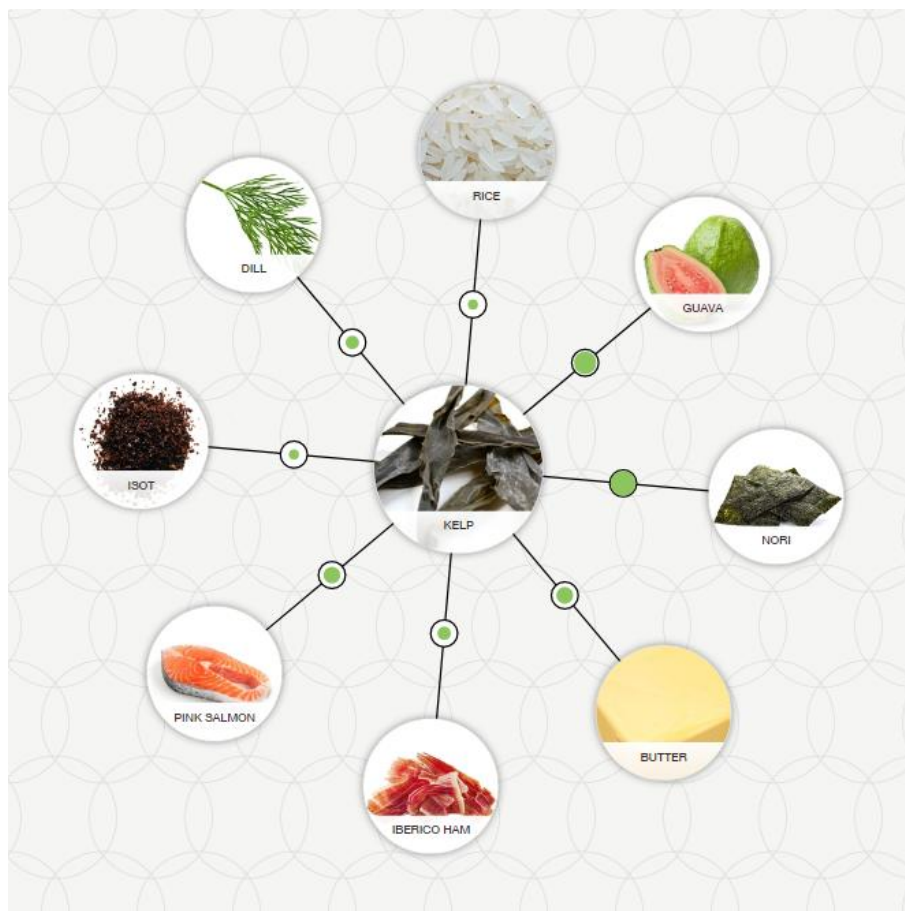


Figura 8.6 Food Pairing: "Kelp" (Laminariaceae)

[Crédito: FoodPairing® | <https://inspire.foodpairing.com/>]

Numa composição mais inovadora, poderíamos pensar num consomé de "kombu" japonesa (*Saccharina japonica*)¹⁵² e presunto, que poderia ser servido como complemento para uma posta de bacalhau confitado com favas.

Infelizmente, a alga cabelo-de-velha (*Gracilaria gracilis*) está longe de possuir propriedades organolépticas desejáveis, possuindo um aroma que lembra a terra e peixe em decomposição.

¹⁵² Optou-se pela "kombu" japonesa tendo em consideração que as algas tipo "laminaria" ("kelp") do Atlântico Norte (*Laminaria ochroleuca*, *L. hyperborea*, *L. digitata*, etc.) não possuem ácido glutâmico – substância responsável pelo sabor umami – em quantidade equiparável.

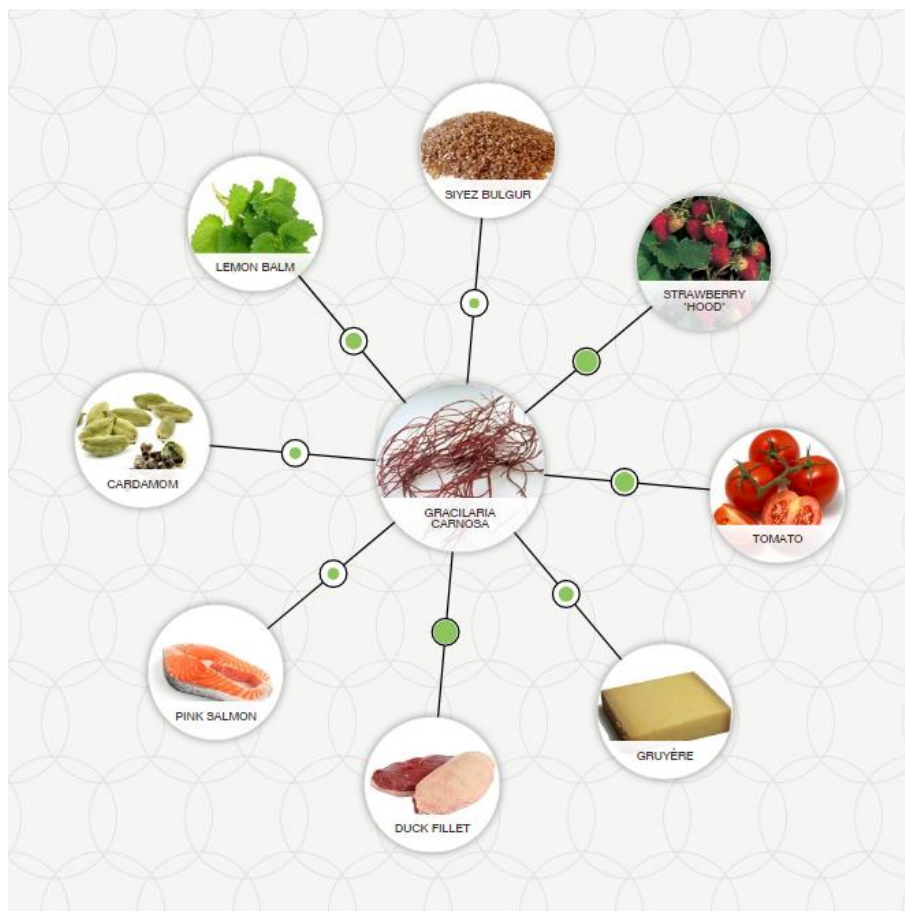


Figura 8.7 Food Pairing: *Gracilaria* sp.

[Crédito: FoodPairing® | <https://inspire.foodpairing.com/>]

A maneira que encontramos de introduzi-la no receituário foi torrando-a, utilizando no "cracker" de algas e sementes ou para uso como condimento. Uma olhada com mais atenção mostra que, de facto, ela possui compatibilidade com alguns dos ingredientes da receita: flocos de aveia, pevides de abóbora e de girassol, sementes de sésamo e azeite ¹⁵³. Pode-se tentar ainda, devido às recomendações do "food pairing", uma substituição da farinha de trigo por centeio ou sarraceno e a introdução de cardamomo na receita.

¹⁵³ FoodPairing® | Create a New Pairing. Disponível em: <https://inspire.foodpairing.com/> (Acessado em: 01/06/2017).

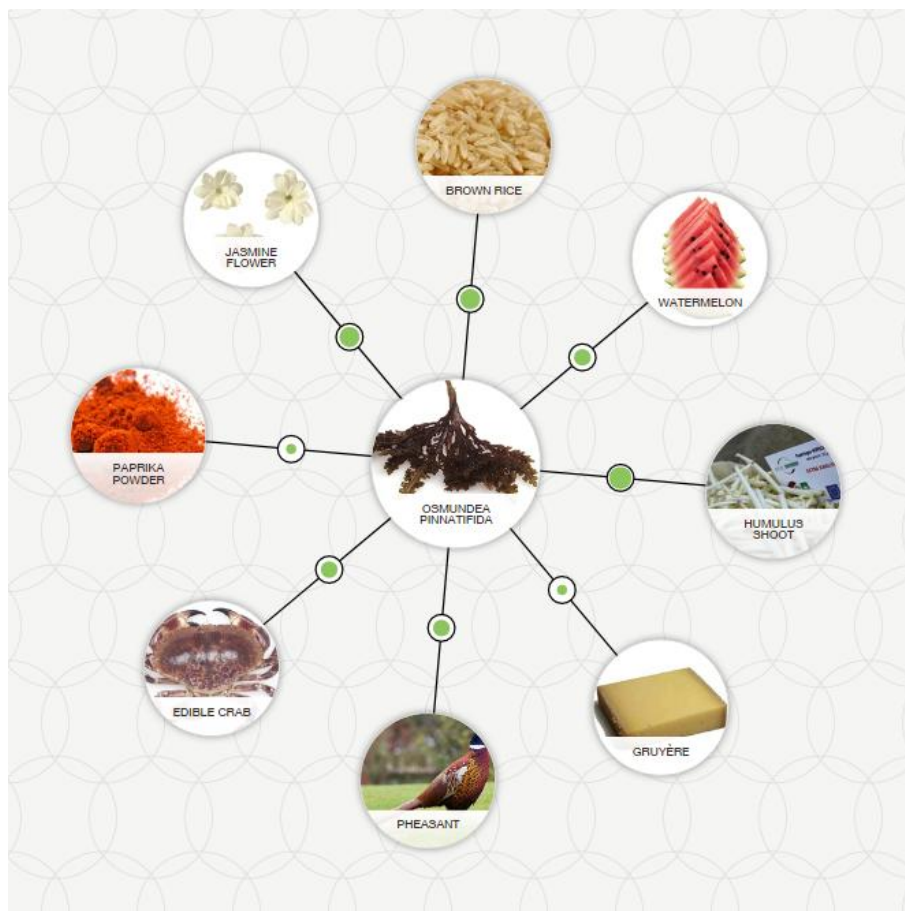


Figura 8.8 Food Pairing: *Osmundea pinnatifida*

[Crédito: FoodPairing® | <https://inspire.foodpairing.com/>]

Mais uma alga vermelha mostrou-se difícil no casamento com ingredientes comumente usados em cozinha portuguesa. Dada a possível sinergia da erva-malagueta (*Osmundea pinnatifida*) com azeite e carne de caranguejo, uma alternativa para introdução dessa alga, na alimentação em Portugal continental, seria através do seu emprego numa salada de sapateira com maionese.

Tabela 8.4 Food Pairing: Algas Verdes (*Ulva* spp.)

CATEGORIAS PRINCIPAIS	<i>Food Pairing</i>	<i>Match</i>	Outros Exemplos
1. Frutos do Mar	limanda, assada	excelente	linguado, rodovalho, pregado, pata-roxa (<i>Scylliorhinus canicula</i>), salmão do pacífico
2. Carnes	pato, filé, assado	bom	pato selvagem, carne bovina, hambúrguer, timo de vitela, pombo selvagem
3. Laticínios	queijo, "gruyère"	regular	manteiga, leite de soja, "cheddar" suave, manteiga de creme azedo
4. Vegetais	"humulus", rebento, cru	excelente	<i>Codium</i> sp., tomate, pepino, "huitlacoche", abóbora
5. Frutas	morango, cru	bom	goiaba, melancia, cantaloupe, pera, alperce
6. Cereais & Grãos	arroz, branco, cozido	bom	arroz integral, "kamut", arroz agulhinha, arroz negro, "cracker" de arroz
7. Ervas Aromáticas	"shiso", verde, fresco	bom	rebentos de "daikon", pickles de "sakura", borragem, erva-doce dos astecas, malmequer
8. Especiarias	louro, fresco	regular	baunilha em fava, canela, fava "tonka", gengibre fresco, pimenta de caiena
OUTRAS CATEGORIAS			
9. Bebidas	conhaque	excelente	
10. Condimentos, Gorduras & Óleos	azeite extravirgem, "picual"	excelente	
11. Panificação & Pastelaria	pão, "ciabatta"	perfeito	
12. Confeitaria	avelã, tostada, em pasta	bom	
13. Caldos & Molhos	carne bovina, guisada, "gravy"	muito bom	
14. Oleaginosas	amendoim, tostado	regular	
15. Árvores & Plantas	salicornia, seca	pobre	

Tabela 8.5 Food Pairing: *Codium* sp.

CATEGORIAS PRINCIPAIS	<i>Food Pairing</i>	<i>Match</i>	Outros Exemplos
1. Frutos do Mar	linguado, assado	bom	cabra-cabaço (<i>Chelidonichthys lucerna</i>), vieira, peixe lobo, pregado, salmão rosa
2. Carnes	codorna, assada	excelente	filé de pato, timo de vitela, bacon, vitela, pombo-torcaz-dos-açores
3. Laticínios	queijo, parmesão	bom	"gruyère", leite de soja, leitelho, "cheddar" suave, "cheddar" picante
4. Vegetais	abóbora, cozida	bom	rebento de "humulus", pepino, tomate, fava, míscaros seco
5. Frutas	morango, cru	bom	alperce, melão, maçã, goiaba, pêssego
6. Cereais & Grãos	"freekeh" (trigo verde torrado)	bom	"kamut", quinoa, arroz integral, branco arroz, "cañihua"
7. Ervas Aromáticas	borragem, rebentos, frescos	bom	rebentos de "daikon", malmequer, pickles de "sakura", salsa japonesa, salsa crespas
8. Especiarias	baunilha, fava	regular	"isot" (pimenta turca seca), pimenta de caiena, cardamomo, louro, fava "tonka"
OUTRAS CATEGORIAS			
9. Bebidas	conhaque	excelente	
10. Condimentos, Gorduras & Óleos	azeite extravirgem, "arbequina"	bom	
11. Panificação & Pastelaria	pão, torrada	perfeito	
12. Confeitaria	cacau, semente, tostada	bom	
13. Caldos & Molhos	carne bovina, guisada, "gravy"	bom	
14. Oleaginosas	avelã, crua	bom	
15. Árvores & Plantas	salicornia, seca	regular	

Tabela 8.6 Food Pairing: "Wakame" (*Undaria pinnatifida*)

CATEGORIAS PRINCIPAIS	<i>Food Pairing</i>	<i>Match</i>	Outros Exemplos
1. Frutos do Mar	salmão rosa, cozido	bom	ostra, bacalhau fresco, caranguejo, sardinha de banda (<i>Spratelloides gracilis</i>), camarão cinza
2. Carnes	porco, lombo, frito	bom	presunto, gordura de porco, bacon, frango cozido, pele de frango tostada, caviar de caracoleta
3. Laticínios	queijo, "grana padano"	bom	"gorgonzola", manteiga, mussarela de vaca, leite de cabra, "camembert"
4. Vegetais	cogumelo, champignon, cru	perfeito	"kombu" ou "kelp" seca, "nori" seca, fava, tomate, batata doce
5. Frutas	goiaba, crua	perfeito	lichia, groselha, alperce, rosa-mosqueta seca, framboesa
6. Cereais & Grãos	arroz, branco, cozido	bom	"cracker" de arroz, aveia, malte, quinoa, "freekeh"
7. Ervas Aromáticas	estragão, fresco	perfeito	endro, hortelã-pimenta, menta, coentros, erva-cidreira
8. Especiarias	gengibre, fresco	excelente	açafrão, "isot", pimenta, páprica, "sumac"
OUTRAS CATEGORIAS			
9. Bebidas	chá, verde	bom	
10. Condimentos, Gorduras & Óleos	mostarda, condimento	regular	
11. Panificação & Pastelaria	"tortilla", milho	muito bom	
12. Confeitaria	cacau, semente, tostada	regular	
13. Caldos & Molhos	frango, caldo, claro	bom	
14. Oleaginosas	amêndoa, crua	regular	
15. Árvores & Plantas	tanchagem-maior, fresco	regular	

Tabela 8.7 Food Pairing: "Kelp" (Laminariaceae)

CATEGORIAS PRINCIPAIS	<i>Food Pairing</i>	<i>Match</i>	Outros Exemplos
1. Frutos do Mar	salmão rosa, cozido	muito bom	ostra, bacalhau fresco, amêijoas, paloco, filé de cavala
2. Carnes	presunto, ibérico	bom	lombo de porco, frango cozido e assado, pato assado, bacon
3. Laticínios	manteiga, fresca	muito bom	leite de cabra, leite de búfala, "grana padano", "gorgonzola", "fourme d'Ambert"
4. Vegetais	"nori", seca	perfeito	"wakame", cogumelo "champignon", berinjela, pimentos, tomate cereja
5. Frutas	goiaba, crua	excelente	casca de laranja amarga, sumo de laranja, alperce, lichia, figo
6. Cereais & Grãos	arroz, branco, cozido	bom	flocos de aveia, "freekeh", massa alimentícia, "kamut", "cracker" de arroz
7. Ervas Aromáticas	endro, fresco	bom	estragão, hortelã-pimenta, hortelã, rebentos de "daikon", hortelã-verde
8. Especiarias	"isot"	bom	sementes de coentros, gengibre fresco, pimenta, "sumac", pimenta de Sichuan
OUTRAS CATEGORIAS			
9. Bebidas	chá, verde	bom	
10. Condimentos, Gorduras & Óleos	azeite extravirgem, "arbequina"	bom	
11. Panificação & Pastelaria	"tortilla", milho	bom	
12. Confeitaria	cacau, semente, tostada	regular	
13. Caldos & Molhos	carne bovina, guisada, "gravy"	pobre	
14. Oleaginosas	amendoim, torrado	bom	
15. Árvores & Plantas	salicornia, seca	regular	

Tabela 8.8 Food Pairing: *Gracilaria* sp.

CATEGORIAS PRINCIPAIS	<i>Food Pairing</i>	<i>Match</i>	Outros Exemplos
1. Frutos do Mar	salmão rosa, cozido	bom	ostra, filé de cavala, bacalhau seco, sardinha, caviar
2. Carnes	pato, filé, assado	excelente	timo de vitela, barriga de porco, bacon, ganso selvagem, coelho
3. Laticínios	queijo, "gruyère"	bom	manteiga, "cheddar" picante, mussarela de búfala, "cheddar" suave, manteiga de creme azedo
4. Vegetais	tomate, cru	muito bom	abóbora, rebentos de "humulus", <i>Codium</i> sp., pepino, cogumelo <i>Pleurotus</i> seco
5. Frutas	morango, cru	excelente	framboesa, nectarina, goiaba, cantaloupe, melão
6. Cereais & Grãos	"bulgur", cozido	regular	"cracker" de arroz, farinha de centeio, "cañihua", flocos de aveia, arroz branco
7. Ervas Aromáticas	erva-cidreira, fresco	muito bom	salsa crespá, rebentos de borragem, salsa japonesa, "shiso" verde, erva-doce dos astecas
8. Especiarias	cardamomo, seca	bom	fava de baunilha, pimenta de caiena, pimenta de Sichuan, baga de murta, malagueta-de-Guiné
OUTRAS CATEGORIAS			
9. Bebidas	conhaque	perfeito	
10. Condimentos, Gorduras & Óleos	azeite extravirgem, picual	excelente	
11. Panificação & Pastelaria	pão, torrada	muito bom	
12. Confeitaria	cacau, semente, tostada	bom	
13. Caldos & Molhos	carne bovina, guisada, "gravy"	bom	
14. Oleaginosas	noz pecan, crua	bom	
15. Árvores & Plantas	erva-príncipe, fresco	regular	

Tabela 8.9 Food Pairing: *Osmundea pinnatifida*

CATEGORIAS PRINCIPAIS	<i>Food Pairing</i>	<i>Match</i>	Outros Exemplos
1. Frutos do Mar	caranguejo, cozido	muito bom	pregado, carapau, robalo, peixe lobo, rodovalho
2. Carnes	faisão, frito	muito bom	filé de costela, carne bovina, pombo-torcaz-dos-açores, filé de pato, barriga de porco
3. Laticínios	queijo, "gruyère"	bom	"cheddar" picante, queijo creme, leite de soja, leite de amêndoa, queijo "munster"
4. Vegetais	"humulus", rebento, cru	excelente	fava, abóbora-rasteira, tomate, alcachofra, pimento "rocoto"
5. Frutas	melancia, crua	muito bom	banana, maçã, cantaloupe, maracujá, morango
6. Cereais & Grãos	arroz, integral, cozido	excelente	"cañihua", "kamut", farinha de centeio, quinoa, "freekeh"
7. Ervas Aromáticas	jasmim, flor	excelente	picles de "sakura", "shiso" verde, malmequer, borragem, folhas de feno-grego
8. Especiarias	páprica, em pó	regular	louro, "isot", pimenta de caiena, cardamomo, fava de baunilha
OUTRAS CATEGORIAS			
9. Bebidas	"triple sec"	excelente	
10. Condimentos, Gorduras & Óleos	azeite extravirgem, "picual"	excelente	
11. Panificação & Pastelaria	pão, São Francisco "sourdough"	excelente	
12. Confeitaria	caramelo	muito bom	
13. Caldos & Molhos	vitela, fundo	perfeito	
14. Oleaginosas	avelã, tostada	bom	
15. Árvores & Plantas	abeto siberiano (<i>Abies sibirica</i>)	regular	

8.5 Anexo: Análise Sensorial

ESTATÍSTICAS // DESCRITIVAS

Tabela 8.10 Análise Sensorial: Estatísticas Descritivas para as Amostras Avaliadas

Variável	Amostra	OBS	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
APARÊNCIA	Semolina	60	3	9	7,30	± 1,33
	<i>Ulva</i>	60	3	9	7,38	± 1,17
	<i>Porphyra</i>	60	1	9	6,57	± 1,81
COR	Semolina	60	5	9	7,43	± 1,25
	<i>Ulva</i>	60	3	9	7,43	± 1,25
	<i>Porphyra</i>	60	1	9	6,38	± 1,87
AROMA	Semolina	60	2	9	6,33	± 1,54
	<i>Ulva</i>	60	2	9	6,92	± 1,37
	<i>Porphyra</i>	60	1	9	6,17	± 1,66
TEXTURA	Semolina	60	3	9	7,15	± 1,31
	<i>Ulva</i>	60	5	9	7,45	± 1,00
	<i>Porphyra</i>	60	3	9	7,37	± 1,20
SABOR	Semolina	60	4	9	7,02	± 1,31
	<i>Ulva</i>	60	3	9	7,03	± 1,41
	<i>Porphyra</i>	60	2	9	6,72	± 1,84
IMPRESSÃO GLOBAL	Semolina	60	3	9	7,02	± 1,32
	<i>Ulva</i>	60	4	9	7,27	± 1,01
	<i>Porphyra</i>	60	1	9	6,75	± 1,80
ADEQUAÇÃO ALIMENTAR	Semolina	60	4	9	7,67	± 1,05
	<i>Ulva</i>	60	5	9	7,73	± 0,87
	<i>Porphyra</i>	60	3	9	7,27	± 1,58
INTENÇÃO CONSUMO	Semolina	60	2	7	4,92	± 1,17
	<i>Ulva</i>	60	1	7	4,72	± 1,24
	<i>Porphyra</i>	60	1	7	4,22	± 1,51
INTENÇÃO COMPRA	Semolina	60	1	7	4,60	± 1,14
	<i>Ulva</i>	60	1	7	4,22	± 1,31
	<i>Porphyra</i>	60	1	7	3,85	± 1,45

ESTATÍSTICAS // ANOVA & TESTE DE TUKEY

Na **Tabela 8.11** mostram-se as médias dos valores hedônicos obtidos pelo teste de aceitação em relação aos atributos aparência, cor, aroma, textura, sabor e impressão global; e para adequação alimentar, intenção de consumo e de compra das formulações de massas alimentícias. Valores seguidos por pelo menos uma letra igual na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de *Tukey* ($p>0,05$).

Tabela 8.11 ANOVA: Resumo das Médias para as Amostras

	Aparência	Cor	Aroma	Textura	Sabor	Impressão Global	Adequação Alimentar	Intenção Consumo	Intenção Compra
Semolina	7,300 a	7,433 a	6,333 ab	7,150 a	7,017 a	7,017 a	7,667 a	4,917 a	4,600 a
Ulva	7,383 a	7,433 a	6,917 a	7,450 a	7,033 a	7,267 a	7,733 a	4,717 ab	4,217 ab
Porphyra	6,567 b	6,383 b	6,167 b	7,367 a	6,717 a	6,750 a	7,267 a	4,217 b	3,850 b
Pr > F	0,004	< 0,0001	0,019	0,355	0,445	0,136	0,073	0,012	0,008
Signif.	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim

ESTATÍSTICAS // CATA

Tabela 8.12 CATA: "Teste Q de Cochran" para os Atributos

ATRIBUTOS	<i>p</i> -valor	PRODUTOS		
		<i>Ulva</i>	<i>Semolina</i>	<i>Porphyra</i>
APARÊNCIA				
Homogénea	0,000	0,300 (a)	0,833 (b)	0,767 (b)
Heterogénea	0,000	0,550 (b)	0,067 (a)	0,067 (a)
Brilhante	0,000	0,100 (a)	0,367 (b)	0,150 (a)
Opaca	0,003	0,450 (b)	0,200 (a)	0,367 (ab)
TEXTURA				
Macia	0,257	0,350 (a)	0,383 (a)	0,300 (a)
Dura	0,305	0,133 (a)	0,217 (a)	0,167 (a)
Mole	0,417	0,083 (a)	0,117 (a)	0,067 (a)
Firme	0,142	0,500 (a)	0,383 (a)	0,467 (a)
Solta	0,169	0,050 (a)	0,050 (a)	0,117 (a)
Pegajosa	0,397	0,083 (a)	0,117 (a)	0,150 (a)
Elástica	0,779	0,133 (a)	0,100 (a)	0,117 (a)
Quebradiça	0,368	0,033 (a)	0,017 (a)	0,017 (a)

Tabela 8.13 CATA: "Teste Q de Cochran" para os Atributos [Continuação]

GOSTO				
Salgado	0,016	0,800 (ab)	0,883 (b)	0,700 (a)
Umami	0,000	0,217 (ab)	0,067 (a)	0,333 (b)
Amargo	0,607	0,050 (a)	0,017 (a)	0,033 (a)
AROMA				
Massa Cozida	0,000	0,283 (a)	0,783 (b)	0,300 (a)
Algas	0,000	0,483 (b)	0,067 (a)	0,467 (b)
Maresia	0,000	0,433 (b)	0,083 (a)	0,383 (b)
Iodado	0,156	0,217 (a)	0,100 (a)	0,183 (a)
Peixe Cozido	0,003	0,033 (ab)	0,000 (a)	0,133 (b)
Milho Cozido	0,641	0,083 (a)	0,050 (a)	0,050 (a)
Repolho	0,135	0,033 (a)	0,000 (a)	0,000 (a)
Relva Cortada	0,135	0,033 (a)	0,000 (a)	0,000 (a)
Azeite	0,368	0,017 (a)	0,017 (a)	0,000 (a)
Manteiga	0,050	0,000 (a)	0,050 (a)	0,000 (a)
Fumado	0,368	0,017 (a)	0,000 (a)	0,000 (a)
SABOR				
Farinha	0,000	0,150 (a)	0,633 (b)	0,200 (a)
Algas	0,000	0,533 (b)	0,050 (a)	0,550 (b)
Mar	0,000	0,500 (b)	0,050 (a)	0,467 (b)
Peixe	0,001	0,050 (ab)	0,000 (a)	0,183 (b)
Pepino	0,607	0,017 (a)	0,000 (a)	0,017 (a)
Nozes	0,135	0,000 (a)	0,033 (a)	0,000 (a)
Cogumelos	0,247	0,033 (a)	0,000 (a)	0,050 (a)
Intenso	0,004	0,100 (ab)	0,000 (a)	0,167 (b)
Estranho	0,607	0,067 (a)	0,033 (a)	0,067 (a)
Adstringente	0,368	0,000 (a)	0,000 (a)	0,017 (a)

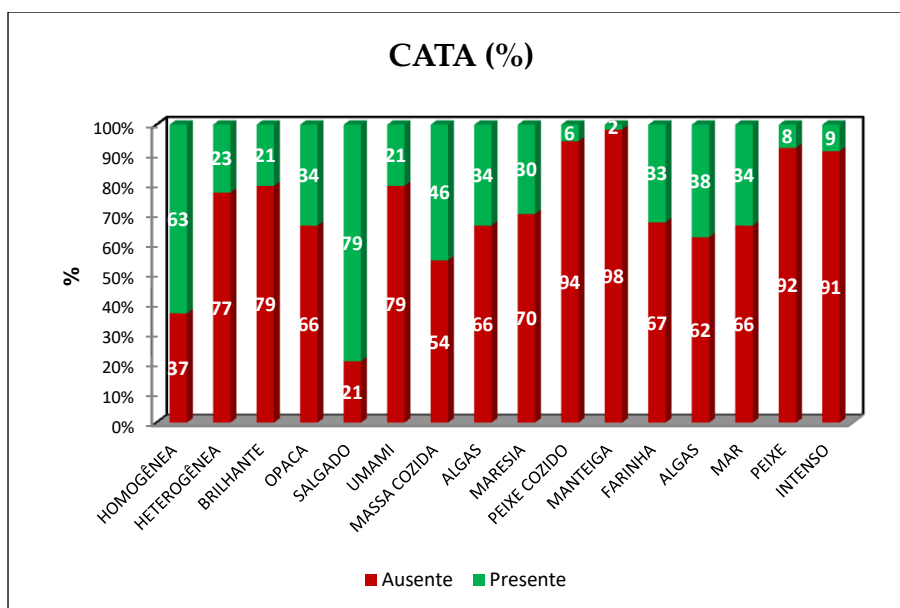


Figura 8.9 CATA: Ausência e Presença de Atributos nas Amostras (%)

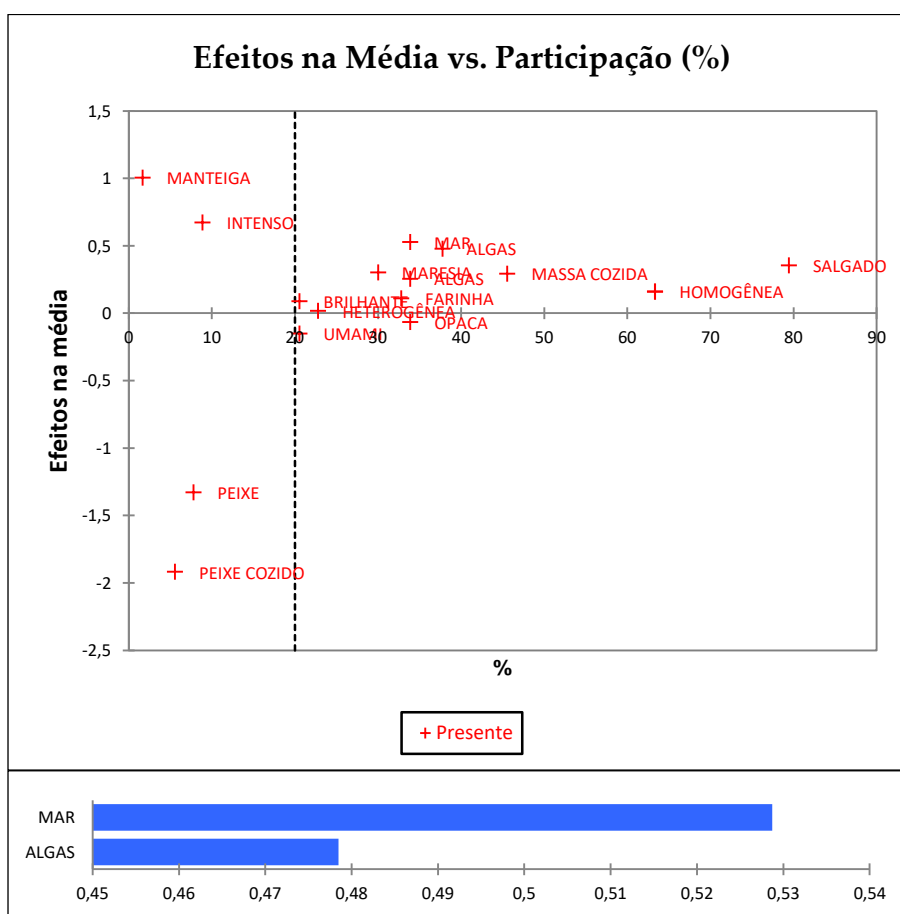


Figura 8.10 CATA: Participação dos Atributos (%) e Impacto sobre a Média

FICHA DE RECRUTAMENTO

FICHA DE RECRUTAMENTO

PRODUTO // Massas Alimentícias com Algas

NOME: _____ DATA: _____

IDADE: () < 18 () 18-25 () 26-35 () 36-50 () 51-65 () > 65 SEXO: () Masculino () Feminino

Está a ser convidado(a) a participar como voluntário(a) numa atividade do projeto de investigação do Mestrado em Ciências Gastronômicas, **Desenvolvimento de Novos Produtos com Algas**, de responsabilidade do aluno Bruno Moreira Leite e dos Profs. Paulina Mata, João Noronha e Leonel Pereira.

O objetivo deste trabalho é avaliar a aceitação sensorial das **massas alimentícias enriquecidas com algas desidratadas**. Não será remunerado(a) por esta atividade, porém contribuirá para o trabalho de investigação da tese de mestrado "**Novas Alternativas para o Uso de Macroalgas da Costa Portuguesa em Alimentação**".

A sua participação não é obrigatória e, a qualquer momento, poderá desistir de participar. Após ter sido esclarecido(a) com a informações acima, no caso de concordar em fazer parte do estudo, por favor assine em baixo.

Estamos a realizar um teste de aceitação com **novos produtos com algas** e gostaríamos de conhecer a sua opinião. Caso esteja interessado em participar, por favor, responda à ficha em baixo, devolvendo-a em seguida.

1. Indique a frequência com que você consome MASSAS ALIMENTÍCIAS.

- () Diariamente
 () 2 a 3 vezes/semana
 () Semanalmente
 () Quinzenalmente
 () Mensalmente
 () Semestralmente
 () Anualmente
 () Consumi apenas uma vez
 () Nunca. Alguma intolerância? _____

4. Marque com um "X" na escala abaixo o quanto você gosta ou desgosta de ALGAS.

- () Gosto extremamente
 () Gosto muito
 () Gosto moderadamente
 () Gosto ligeiramente
 () Nem gosto, nem desgosto
 () Desgosto ligeiramente
 () Desgosto moderadamente
 () Desgosto muito
 () Desgosto extremamente

2. Marque com um "X" na escala abaixo o quanto você gosta ou desgosta de MASSAS ALIMENTÍCIAS.

- () Gosto extremamente
 () Gosto muito
 () Gosto moderadamente
 () Gosto ligeiramente
 () Nem gosto, nem desgosto
 () Desgosto ligeiramente
 () Desgosto moderadamente
 () Desgosto muito
 () Desgosto extremamente

5. Independentemente de gostar ou não de algas, marque com um "X" na escala abaixo o quanto você considera as ALGAS como um ingrediente adequado enquanto alimento.

- () Extremamente adequado
 () Muito adequado
 () Moderadamente adequado
 () Ligeiramente adequado
 () Nem adequado, nem inadequado
 () Ligeiramente inadequado
 () Moderadamente inadequado
 () Muito inadequado
 () Extremamente inadequado

3. Indique a frequência com que você consome ALGAS.

- () Diariamente
 () 2 a 3 vezes/semana
 () Semanalmente
 () Quinzenalmente
 () Mensalmente
 () Semestralmente
 () Anualmente
 () Consumi apenas uma vez
 () Nunca. Alguma intolerância? _____

6. Marque com um "X" na escala abaixo o quanto você se considera motivado a experimentar NOVOS ALIMENTOS.

- () Extremamente motivado
 () Muito motivado
 () Moderadamente motivado
 () Ligeiramente motivado
 () Nem motivado, nem desmotivado
 () Ligeiramente desmotivado
 () Moderadamente desmotivado
 () Muito desmotivado
 () Extremamente desmotivado

FICHA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTO

PRODUTO // Massas Alimentícias com Algas

NOME: _____ DATA: _____ Nº AMOSTRA: _____

1. Recebeu uma amostra de **massa alimentícia com algas**. Por favor, **OBSERVE** a amostra e indique o quanto gostou ou desgostou da **APARÊNCIA, COR e AROMA**, utilizando a escala abaixo:

APARÊNCIA	COR	AROMA
<input type="checkbox"/> Gostei extremamente	<input type="checkbox"/> Gostei extremamente	<input type="checkbox"/> Gostei extremamente
<input type="checkbox"/> Gostei muito	<input type="checkbox"/> Gostei muito	<input type="checkbox"/> Gostei muito
<input type="checkbox"/> Gostei moderadamente	<input type="checkbox"/> Gostei moderadamente	<input type="checkbox"/> Gostei moderadamente
<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente
<input type="checkbox"/> Não gostei, nem desgostei	<input type="checkbox"/> Não gostei, nem desgostei	<input type="checkbox"/> Não gostei, nem desgostei
<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente
<input type="checkbox"/> Desgostei moderadamente	<input type="checkbox"/> Desgostei moderadamente	<input type="checkbox"/> Desgostei moderadamente
<input type="checkbox"/> Desgostei muito	<input type="checkbox"/> Desgostei muito	<input type="checkbox"/> Desgostei muito
<input type="checkbox"/> Desgostei extremamente	<input type="checkbox"/> Desgostei extremamente	<input type="checkbox"/> Desgostei extremamente

2. Agora, **PROVE** a amostra e indique o quanto gostou ou desgostou da **TEXTURA, SABOR e IMPRESSÃO GLOBAL**, utilizando a escala abaixo:

TEXTURA	SABOR	IMPRESSÃO GLOBAL
<input type="checkbox"/> Gostei extremamente	<input type="checkbox"/> Gostei extremamente	<input type="checkbox"/> Gostei extremamente
<input type="checkbox"/> Gostei muito	<input type="checkbox"/> Gostei muito	<input type="checkbox"/> Gostei muito
<input type="checkbox"/> Gostei moderadamente	<input type="checkbox"/> Gostei moderadamente	<input type="checkbox"/> Gostei moderadamente
<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Gostei ligeiramente
<input type="checkbox"/> Não gostei, nem desgostei	<input type="checkbox"/> Não gostei, nem desgostei	<input type="checkbox"/> Não gostei, nem desgostei
<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente	<input type="checkbox"/> Desgostei ligeiramente
<input type="checkbox"/> Desgostei moderadamente	<input type="checkbox"/> Desgostei moderadamente	<input type="checkbox"/> Desgostei moderadamente
<input type="checkbox"/> Desgostei muito	<input type="checkbox"/> Desgostei muito	<input type="checkbox"/> Desgostei muito
<input type="checkbox"/> Desgostei extremamente	<input type="checkbox"/> Desgostei extremamente	<input type="checkbox"/> Desgostei extremamente

3. Por fim, marque na escala a sua opinião acerca da **ADEQUAÇÃO ALIMENTAR, INTENÇÃO DE CONSUMO e DE COMPRA** da amostra analisada:

ADEQUAÇÃO ALIMENTAR	INTENÇÃO DE CONSUMO	INTENÇÃO DE COMPRA
<i>Independente das suas preferências pessoais, você considera essa formulação adequada enquanto alimento?</i>	<i>Caso alguém lhe oferecesse uma amostra grátis do produto degustado, com que frequência você o consumiria?</i>	<i>Caso você estivesse no supermercado e visse o produto em exposição, com que frequência você o compraria?</i>
<input type="checkbox"/> Extremamente adequada	<input type="checkbox"/> consumiria sempre	<input type="checkbox"/> compraria sempre
<input type="checkbox"/> Muito adequada	<input type="checkbox"/> consumiria muito frequentemente	<input type="checkbox"/> compraria muito frequentemente
<input type="checkbox"/> Moderadamente adequada	<input type="checkbox"/> consumiria frequentemente	<input type="checkbox"/> compraria frequentemente
<input type="checkbox"/> Ligeiramente adequada	<input type="checkbox"/> consumiria ocasionalmente	<input type="checkbox"/> compraria ocasionalmente
<input type="checkbox"/> Nem adequada, nem inadequada	<input type="checkbox"/> consumiria raramente	<input type="checkbox"/> compraria raramente
<input type="checkbox"/> Ligeiramente inadequada	<input type="checkbox"/> consumiria muito raramente	<input type="checkbox"/> compraria muito raramente
<input type="checkbox"/> Moderadamente inadequada	<input type="checkbox"/> nunca consumiria	<input type="checkbox"/> nunca compraria
<input type="checkbox"/> Muito inadequada		
<input type="checkbox"/> Extremamente inadequada		

4. Abaixo estão listados vários termos. Marque todos os termos que **CARACTERIZAM A AMOSTRA**.

<input type="checkbox"/> Aparência Homogênea	<input type="checkbox"/> Gosto Salgado	<input type="checkbox"/> Sabor a Farinha (trigo, semolina)
<input type="checkbox"/> Aparência Heterogênea (com Pedacos)	<input type="checkbox"/> Gosto Umami	<input type="checkbox"/> Sabor a Algas
<input type="checkbox"/> Aparência Brilhante	<input type="checkbox"/> Gosto Amargo	<input type="checkbox"/> Sabor a Mar
<input type="checkbox"/> Aparência Opaca		<input type="checkbox"/> Sabor a Peixe
<input type="checkbox"/> Textura Macia	<input type="checkbox"/> Aroma de Massa Cozida	<input type="checkbox"/> Sabor a Pepino
<input type="checkbox"/> Textura Dura	<input type="checkbox"/> Aroma de Algas	<input type="checkbox"/> Sabor a Nozes
<input type="checkbox"/> Textura Mole	<input type="checkbox"/> Aroma de Maresia	<input type="checkbox"/> Sabor a Cogumelos
<input type="checkbox"/> Textura Firme (al Dente)	<input type="checkbox"/> Aroma Iodado (iodo, sal marinho)	<input type="checkbox"/> Sabor Intenso
<input type="checkbox"/> Textura Solta	<input type="checkbox"/> Aroma de Peixe Cozido	<input type="checkbox"/> Sabor Estranho
<input type="checkbox"/> Textura Pegajosa	<input type="checkbox"/> Aroma de Milho Cozido	
<input type="checkbox"/> Textura Elástica	<input type="checkbox"/> Aroma de Repolho	<input type="checkbox"/> Sensação Adstringente
<input type="checkbox"/> Textura Quebradiça	<input type="checkbox"/> Aroma de Relva Cortada	
	<input type="checkbox"/> Aroma de Azeite	<input type="checkbox"/> Outros: _____
	<input type="checkbox"/> Aroma de Manteiga	
	<input type="checkbox"/> Aroma Fumado (fumaça, queimado)	

RECEITA PARAMÉTRICA MASSAS ALIMENTÍCIAS

Pasta 100% Semolina			
2000	g	100,0%	farinha de semolina
10	g	0,5%	bicarbonato de sódio
800	mL	40,0%	água mineral

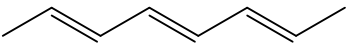
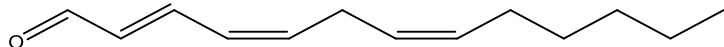
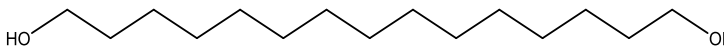
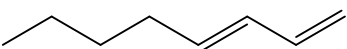
Pasta Semolina + <i>Ulva</i> sp. (4%)			
2000	g	100,0%	farinha de semolina
80	g	4,0%	alface-do-mar em pó
10	g	0,5%	bicarbonato de sódio
950	mL	47,5%	água mineral

Pasta Semolina + <i>Porphyra</i> sp. (4%)			
2000	g	100,0%	farinha de semolina
80	g	4,0%	erva-patinhaem pó
10	g	0,5%	bicarbonato de sódio
950	mL	47,5%	água mineral

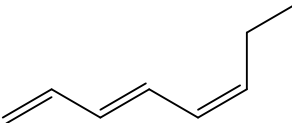
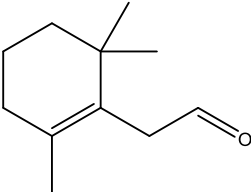
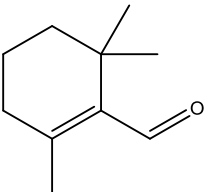
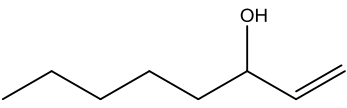
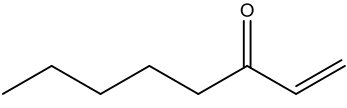
8.6 Anexo: GC-MS

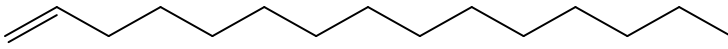
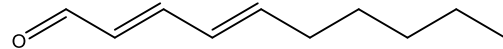
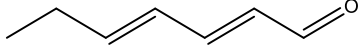
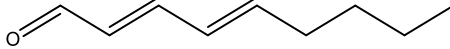
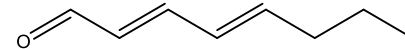
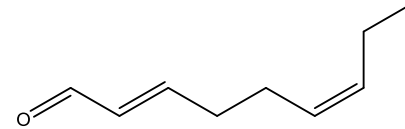
COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS: GRUPO FUNCIONAL, ESTRUTURA, FÓRMULA E ÍNDICES KOVATS

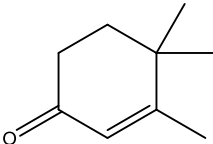
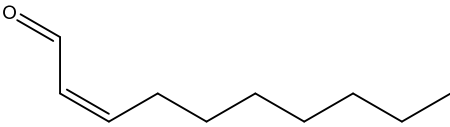
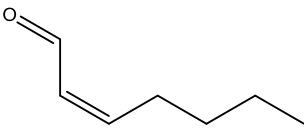
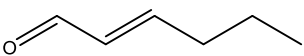
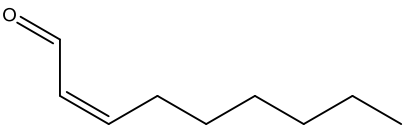
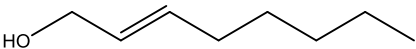
Tabela 8.14 Compostos Orgânicos Voláteis: Grupo Funcional, Estrutura, Fórmula e Índices Kovats

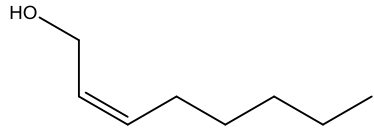
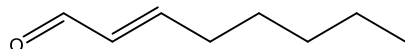
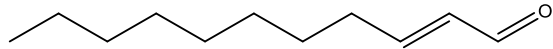
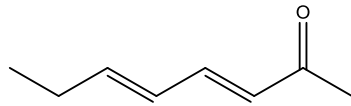
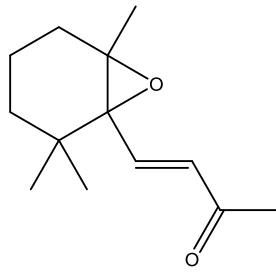
COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
(E,E,E)-2,4,6-Octatrieno	Hidrocarbonetos (Alceno)	 C ₈ H ₁₂	015192-80-0	840 iu (KI ^e)	Erva-Malagueta
(E,Z,Z)-2,4,7-Tridecatrienal	Aldeídos	 C ₁₃ H ₂₀ O	013552-96-0	1526 iu (KI ^e)	Erva-Malagueta
1,15-Pentadecanodiol	Alcoóis	 C ₁₅ H ₃₂ O ₂	014722-40-8	1998 iu (KI ^e)	Erva-Malagueta
1,3-Octadieno	Hidrocarbonetos (Alceno)	 C ₈ H ₁₄	001002-33-1	827 iu	Cabelo-de-Velha

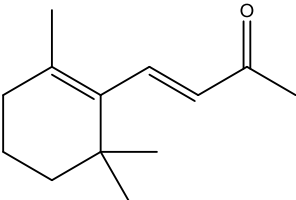
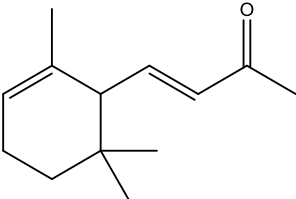
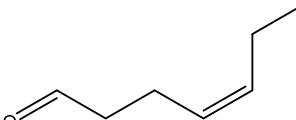
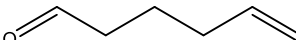
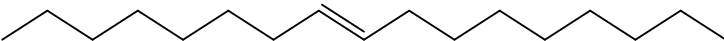
¹⁵⁴ Os "Índices Kovats" (KI) dos compostos químicos foram compilados, a partir dos valores médios, da base de dados "Volatiles Compounds in Food 16.3" (VCF online) na secção "Search compound", aba "Retention Index details". Disponível em: <http://www.vcf-online.nl/VcfCompoundSearch.cfm> (Acessado em: 01/06/2017). Quando não encontrados, os valores foram buscados na literatura [1,3-*trans*,5-*cis*-octatrieno, *trans*-3,5-octadien-2-ona e *trans*-2-(2-pentenyl)furano (Bajer *et al.*, 2017); bromofórmio (Xu *et al.*, 2003)] ou utilizou-se o valor estimado (KI^e) da biblioteca "NIST Mass Spectral Data 98".

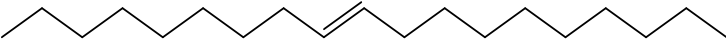
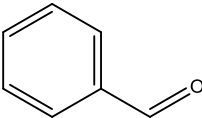
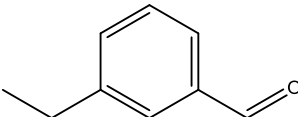
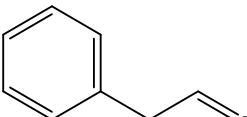
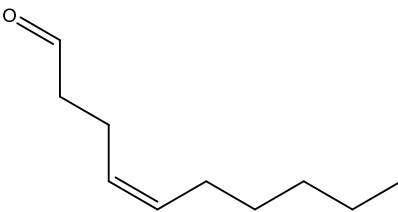
COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
1,3- <i>trans</i> ,5- <i>cis</i> -octatrieno	Hidrocarbonetos (Alceno)	 C ₈ H ₁₂	040087-61-4	876 iu	Erva-Malagueta; Limo-Corriola.
2,6,6-Trimetil-1-ciclohexen-1-acetaldeído (β-Homociclocitral)	Aldeídos	 C ₁₁ H ₁₈ O	000472-66-2	1269 iu	Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Wakame.
2,6,6-Trimetil-1-ciclohexen-1-carboxaldeído (β-Ciclocitral)	Aldeídos	 C ₁₀ H ₁₆ O	000432-25-7	1220 iu	Chorão-do-Mar; Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca); Wakame.
1-Octen-3-ol (Álcool matsutake)	Alcoóis	 C ₈ H ₁₆ O	003391-86-4	979 iu	Chorão-do-Mar; Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Wakame.
1-Octen-3-ona	Cetonas	 C ₈ H ₁₄ O	004312-99-6	978 iu	Cabelo-de-Velha; Erva-Malagueta; Wakame.

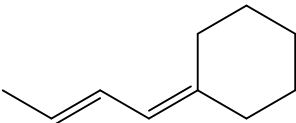
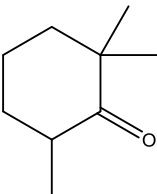
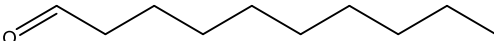
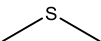
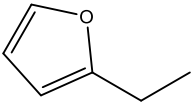
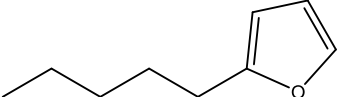
COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
1-Pentadeceno	Hidrocarbonetos (Alceno)	 $C_{15}H_{30}$	013360-61-7	1490 iu	Erva-Malagueta
2,4-Decadienal	Aldeídos	 $C_{10}H_{16}O$	002363-88-4	1319 iu	Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Wakame.
(E,E)-2,4-Heptadienal	Aldeídos	 $C_7H_{10}O$	004313-03-5	1013 iu	Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca); Wakame.
(E,E)-2,4-Nonadienal	Aldeídos	 $C_9H_{14}O$	005910-87-2	1214 iu	Erva-Malagueta
(E,E)-2,4-Octadienal	Aldeídos	 $C_8H_{12}O$	030361-28-5	1112 iu	Cabelo-de-Velha; Erva-Malagueta.
(E,Z)-2,6-Nonadienal (Aldeído de pepino)	Aldeídos	 $C_9H_{14}O$	000557-48-2	1154 iu	Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Wakame.

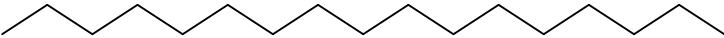
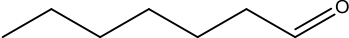
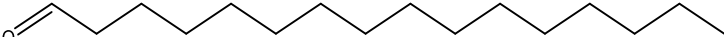
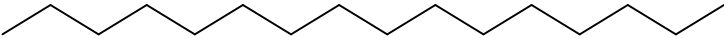
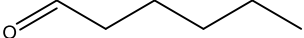
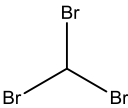
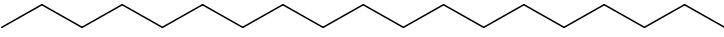
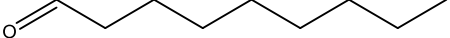
COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
3,4,4-Trimetil-2-ciclohexen-1-ona	Cetonas	 $C_9H_{14}O$	017299-41-1	1097 iu (KI ^e)	Musgos
(Z)-2-Decenal	Aldeídos	 $C_{10}H_{18}O$	002497-25-8	1250 iu	Erva-Malagueta
(Z)-2-Heptenal	Aldeídos	 $C_7H_{12}O$	057266-86-1	955 iu	Cabelo-de-Velha; Erva-Malagueta; Wakame.
(E)-2-Hexenal (Aldeído de folha)	Aldeídos	 $C_6H_{10}O$	006728-26-3	850 iu	Musgos; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Wakame.
(E)-2-Nonenal	Aldeídos	 $C_9H_{16}O$	018829-56-6	1160 iu	Chorão-do-Mar; Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Wakame.
(E)-2-Octen-1-ol	Alcoóis	 $C_8H_{16}O$	018409-17-1	1066 iu	Cabelo-de-Velha

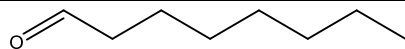
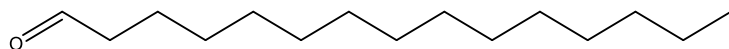
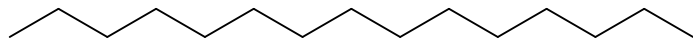
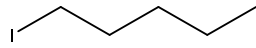
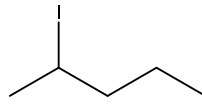
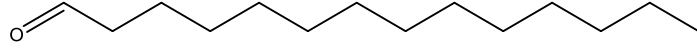
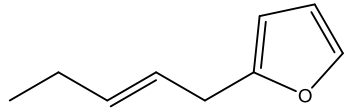
COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
(Z)-2-Octen-1-ol	Alcoóis	 $C_8H_{16}O$	026001-58-1	1067 iu (KI ^e)	Chorão-do-Mar; Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Wakame.
(E)-2-Octenal	Aldeídos	 $C_8H_{14}O$	002548-87-0	1058 iu	Chorão-do-Mar; Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Wakame.
2-Undecenal	Aldeídos	 $C_{11}H_{20}O$	053448-07-0	1362 iu	Erva-Malagueta
(E,E)-3,5-Octadien-2-ona	Cetonas	 $C_8H_{12}O$	030086-02-3	1070 iu	Musgos; Erva-Malagueta; Alface-do-Mar (fresca).
4-(2,2,6-Trimetil-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-1-il)-3-buten-2-ona (β-Ionona epóxido)	Cetonas	 $C_{13}H_{20}O_2$	023267-57-4	1610 iu	Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Alface-do-Mar (fresca).

COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
4-(2,6,6-Trimetil-1-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona (β-Ionona)	Cetonas	 C ₁₃ H ₂₀ O	014901-07-6	1492 iu	Chorão-do-Mar; Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Coriola; Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca); Wakame.
(E)-4-(2,6,6-trimetil-2-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona (α-Ionona)	Cetonas	 C ₁₃ H ₂₀ O	000127-41-3	1427 iu	Chorão-do-Mar; Musgos; Alface-do-Mar (fresca).
(Z)-4-Heptenal	Aldeídos	 C ₇ H ₁₂ O	006728-31-0	900 iu	Erva-Malagueta; Alface-do-Mar (fresca).
5-Hexenal	Aldeídos	 C ₆ H ₁₀ O	000764-59-0	796 iu (KI ^e)	Wakame
8-Heptadeceno	Hidrocarbonetos (Alceno)	 C ₁₇ H ₃₄	002579-04-6	1680 iu	Chorão-do-Mar; Cabelo-de-Velha; Erva-Malagueta; Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca).

COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
9-Nonadeceno	Hidrocarbonetos (Alceno)	 $C_{19}H_{38}$	031035-07-1	1918 iu (KI ^e)	Chorão-do-Mar
Benzaldeído (Óleo de amêndoas artificial)	Aldeídos	 C_7H_6O	000100-52-7	961 iu	Chorão-do-Mar; Musgos; Alface-do-Mar (seca).
3-Etilbenzaldeído	Aldeídos	 $C_9H_{10}O$	034246-54-3	1195 iu (KI ^e)	Alface-do-Mar (fresca)
Fenilacetaldeído	Aldeídos	 C_8H_8O	000122-78-1	1045 iu	Chorão-do-Mar
<i>cis</i> -4-Decenal	Aldeídos	 $C_{10}H_{18}O$	021662-09-9	1196 iu	Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta; Wakame.

COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
1-Butenilideno-ciclohexano	Cicloalcanos	 $C_{10}H_{16}$	036144-40-8	N/D	Alface-do-Mar (fresca)
2,2,6-Trimetil-ciclohexanona	Cetonas	 $C_9H_{16}O$	002408-37-9	1043 iu	Erva-Malagueta; Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca); Wakame.
Decanal (Aldeído caprílico)	Aldeídos	 $C_{10}H_{20}O$	000112-31-2	1204 iu	Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca)
Sulfureto de dimetilo	Tioéter	 C_2H_6S	000075-18-3	512 iu	Chorão-do-Mar; Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca).
2-Etilfurano	Éteres	 C_6H_8O	003208-16-0	705 iu	Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca).
2-Pentilfurano	Éteres	 $C_9H_{14}O$	003777-69-3	992 iu	Musgos; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Wakame.

COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
Heptadecano	Hidrocarbonetos (Alcano)	 $C_{17}H_{36}$	000629-78-7	1700 iu	Chorão-do-Mar; Cabelo-de-Velha; Musgos; Erva-Malagueta.
Heptanal	Aldeídos	 $C_7H_{14}O$	000111-71-7	902 iu	Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca); Wakame.
Hexadecanal (Palmitaldeído)	Aldeídos	 $C_{16}H_{32}O$	000629-80-1	1809 iu	Erva-Malagueta
Hexadecano	Hidrocarbonetos (Alcano)	 $C_{16}H_{34}$	000544-76-3	1600 iu	Chorão-do-Mar; Erva-Malagueta.
Hexanal (Aldeído capróico)	Aldeídos	 $C_6H_{12}O$	000066-25-1	801 iu	Musgos; Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca); Wakame.
Tribromometano (Bromofórmio)	Contendo Bromo	 $CHBr_3$	000075-25-2	892 iu	Musgos
Nonadecano	Hidrocarbonetos (Alcano)	 $C_{19}H_{40}$	000629-92-5	1900 iu	Chorão-do-Mar; Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca).
Nonanal	Aldeídos	 $C_9H_{18}O$	000124-19-6	1103 iu	Alface-do-Mar (fresca); Alface-do-Mar (seca); Wakame.

COMPOSTOS QUÍMICOS	GRUPO FUNCIONAL	ESTRUTURA / FÓRMULA QUÍMICA	CAS	KI ¹⁵⁴	ALGAS MARINHAS
Octanal (Aldeído caprílico)	Aldeídos	 $C_8H_{16}O$	000124-13-0	1002 iu	Alface-do-Mar (seca)
Pentadecanal	Aldeídos	 $C_{15}H_{30}O$	002765-11-9	1710 iu	Erva-Malagueta
Pentadecano	Hidrocarbonetos (Alcano)	 $C_{15}H_{32}$	000629-62-9	1500 iu	Chorão-do-Mar; Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (seca); Wakame.
1-Iodopentano	Contendo Iodo	 $C_5H_{11}I$	000628-17-1	933 iu (KI ^e)	Limo-Corriola
2-Iodopentano	Contendo Iodo	 $C_5H_{11}I$	000637-97-8	868 iu (KI ^e)	Wakame
Tetradecanal	Aldeídos	 $C_{14}H_{28}O$	000124-25-4	1613 iu	Wakame
<i>trans</i> -2-(2-Pentenil)furano	Éteres	 $C_9H_{12}O$	070424-14-5	998 iu	Erva-Malagueta; Limo-Corriola; Alface-do-Mar (fresca); Wakame.

COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS: LIMIARES DE DETECÇÃO E DESCRITORES ORGANOLÉPTICOS

Tabela 8.15 Compostos Orgânicos Voláteis: Limiares de Detecção e Descritores Organolépticos

COMPOSTOS QUÍMICOS	CAS	OTV ¹⁵⁵	TIPO DE AROMA ¹⁵⁶	PERFIL DE AROMA	PERFIL DE SABOR
(E,E,E)-2,4,6-Octatrieno	015192-80-0	N/D	N/D	N/D	N/D
(E,Z,Z)-2,4,7-Tridecatrienal	013552-96-0	0,00007	gorduroso	De casca de cítricos, ceroso, gorduroso, oleoso, frutado.	Amargo, ceroso, doce.
1,15-Pentadecanodiol	014722-40-8	N/D	N/D	N/D	N/D
1,3-Octadieno	001002-33-1	5,6	N/D	N/D	N/D
1,3- <i>trans</i> ,5- <i>cis</i> -octatrieno	040087-61-4	N/D	N/D	N/D	N/D
2,6,6-Trimetil-1-ciclohexen-1-acetaldeído (β-Homociclocitral)	000472-66-2	N/D	canforado	De cânfora, refrescante, amadeirado, herbáceo, frutado.	Refrescante, amadeirado, oleoso, de sabão, cítrico com nuances a raiz de lírio florentino.
2,6,6-Trimetil-1-ciclohexen-1-carboxaldeído (β-Ciclocitral)	000432-25-7	0,005	mentolado	Tropical, de açafrão, herbáceo, limpo, de rosas, oxidado, doce, de tabaco, de damascona, frutado.	N/D
1-Octen-3-ol (Álcol matsutake)	003391-86-4	0,0027	terroso	Cogumelos, terroso, verde, oleoso, fúngico, de frango cru.	De cogumelos, terroso, fúngico, verde, oleoso, vegetal e de caldo de cozinha com sensação umami.

¹⁵⁵ Os "Odor Threshold Values" (OTV) dos compostos químicos foram compilados da base de dados "Volatiles Compounds in Food 16.3" (VCF online) na secção "Search threshold compound". Disponível em: <http://www.vcf-online.nl/OFTVCompoundSearch.cfm> (Acessado em: 01/06/2017). Como critério, utilizou-se sempre o valor de referência mais recente na literatura para o OTV na água (mg/L) ou no ar (mg/cm³).

¹⁵⁶ Os descritores organolépticos foram compilados da base de dados "Good Scents Company". Disponível em: <http://www.thegoodscentscompany.com/search2.html> (Acessado em: 01/06/2017).

COMPOSTOS QUÍMICOS	CAS	OTV ¹⁵⁵	TIPO DE AROMA ¹⁵⁶	PERFIL DE AROMA	PERFIL DE SABOR
1-Octen-3-ona	004312-99-6	0,00003	terroso	Herbáceo, cogumelos, terroso, mofo, sujo.	Intenso, cremoso, de cogumelos, terroso, com nuances de peixe e vegetais.
1-Pentadeceno	013360-61-7	3,6	N/D	N/D	N/D
2,4-Decadienal	002363-88-4	0,0023	gorduroso	Laranja, doce, fresco, cítrico, gorduroso, verde.	Gorduroso, oleoso, frango frito com uma leve nuance de ranço e sebo.
(E,E)-2,4-Heptadienal	004313-03-5	0,0154	gorduroso	Gorduroso, verde, oleoso, aldeídico, vegetal, bolo, canela.	Gorduroso, verde, com um matiz oleoso e graxo.
(E,E)-2,4-Nonadienal	005910-87-2	0,0002	verde	Gorduroso, frutos secos, folha de violeta.	De gordura de frango, de casca de cítricos, ceroso, de melão e de pepino.
(E,E)-2,4-Octadienal	030361-28-5	0,01	gorduroso	Verde, gorduroso, remanescente de melão, pera e casca de frutas.	Verde, frutado, de melão, cítrico, gorduroso e seboso.
(E,Z)-2,6-Nonadienal (Aldeído de pepino)	000557-48-2	0,0002	verde	Verde, gorduroso, seco, pepino, folha de violeta.	Verde, de pepino, de melão, gorduroso e de pele ou casca com uma pitada de gordura de carne.
3,4,4-Trimetil-2-ciclohexen-1-ona	017299-41-1	N/D	N/D	N/D	N/D
(Z)-2-Decenal	002497-25-8	0,0022	gorduroso	Sebáceo.	N/D
(Z)-2-Heptenal	057266-86-1	0,056	N/D	N/D	N/D
(E)-2-Hexenal (Aldeído de folha)	006728-26-3	0,0031	verde	Banana verde, aldeídico, gorduroso, queijo.	Verde fresco, frondoso, frutado com ricas nuances vegetais.
(E)-2-Nonenal	018829-56-6	0,00009	gorduroso	Pepino, verde, cárneo, aldeídico, cítrico.	Fresco, succulento, pepino, parecido com melão, aldeídico com nuance gordurosa.
(E)-2-Octen-1-ol	018409-17-1	0,02	verde	Vegetal, fresco, cítrico, gorduroso.	Óleo, gorduroso, frutado, adocicado.
(Z)-2-Octen-1-ol	026001-58-1	N/D	floral	Floral, doce.	N/D

COMPOSTOS QUÍMICOS	CAS	OTV ¹⁵⁵	TIPO DE AROMA ¹⁵⁶	PERFIL DE AROMA	PERFIL DE SABOR
(E)-2-Octenal	002548-87-0	0,0027	gorduroso	Fresco, pepino, gorduroso, verde, herbáceo, banana, cerosa, verde, folhoso.	Doce, verde, cítrico, casca de citrinos, gorduroso.
2-Undecenal	053448-07-0	0,00078	frutado	Fresco, frutado, cítrico, casca de laranja.	Ceroso, aldeídico, verde, com uma nuance cítrica e cárnea.
(E,E)-3,5-Octadien-2-ona	030086-02-3	0,15	frutado	Frutado, verde, de relva cortada.	N/D
4-(2,2,6-Trimetil-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-1-il)-3-buten-2-ona (β-Ionona epóxido)	023267-57-4	0,1	frutado	Frutado, doce, de frutos vermelhos, amadeirado, de violeta, de lírio florentino, de talco.	N/D
4-(2,6,6-Trimetil-1-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona (β-Ionona)	014901-07-6	0,00012	floral	Seco, de talco, floral, amadeirado, de lírio florentino.	Amadeirado, floral, de frutos vermelhos, frutado com nuances de talco.
(E)-4-(2,6,6-trimetil-2-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona (α-Ionona)	000127-41-3	0,008	floral	Doce, amadeirado, floral, de violeta, de lírio florentino, tropical, frutado.	Floral, de violeta, de framboesa, frutada, de morango.
(Z)-4-Heptenal	006728-31-0	0,00006	verde	Oleoso, gorduroso, verde, de laticínios, cremoso.	Verde intenso, de laticínios, cremoso, chá.
5-Hexenal	000764-59-0	0,012	N/D	N/D	N/D
8-Heptadeceno	002579-04-6	N/D	N/D	N/D	N/D
9-Nonadeceno	031035-07-1	N/D	N/D	N/D	N/D
Benzaldeído (Óleo de amêndoas artificial)	000100-52-7	0,085	frutado	Forte, intenso, doce, amargo, amendoado, de cereja.	Doce, oleoso, amendoado, de cereja, de frutos secos e amadeirado.
3-Etilbenzaldeído	034246-54-3	N/D	N/D	N/D	N/D
Fenilacetaldeído	000122-78-1	0,03	verde	Verde, doce, floral, de jacinto, de trevo, de mel, de cacau.	Mel, doce, floral, de chocolate e cacau, com uma nuance picante.

COMPOSTOS QUÍMICOS	CAS	OTV ¹⁵⁵	TIPO DE AROMA ¹⁵⁶	PERFIL DE AROMA	PERFIL DE SABOR
<i>cis</i> -4-Decenal	021662-09-9	0,0031	cítrico	Cítrico, aldeídico, de laranja, aguado, de cardamomo.	Forte, de zesto, de casca de citrinos, de cardamomo, herbáceo, frutado.
1-Butenilideno-ciclohexano	036144-40-8	N/D	N/D	N/D	N/D
2,2,6-Trimetil-ciclohexanona	002408-37-9	0,1	de tujona	Pungente, de tujona, de esteva, de mel, de " <i>Cistus</i> sp."	N/D
Decanal (Aldeído caprílico)	000112-31-2	0,0026	aldeídico	Doce, aldeídica, ceroso, de casca de laranja, cítrico, floral.	Ceroso, gorduroso, cítrico e casca de laranja com uma ligeira nuance de melão verde.
Sulfureto de dimetilo	000075-18-3	0,001	sulfuroso	Sulfuroso, de cebola, milho doce, vegetal, de repolho, tomate, verde, de rabanete.	Sulfuroso, vegetal, de tomate, milho e aspargos com uma cremosidade láctea e ligeiramente mentolado.
2-Etilfurano	003208-16-0	8	químico	Doce, queimado, terroso, maltado.	Semelhante a solvente com uma nuance de bolor escuro e terrosa.
2-Pentilfurano	003777-69-3	0,0058	frutado	Frutado, verde, terroso, de leguminosas, vegetal, metálico.	Verde, ceroso, com nuances de mofo, cozidas e caramelizadas.
Heptadecano	000629-78-7	N/D	N/D	N/D	N/D
Heptanal	000111-71-7	0,26	verde	Fresco, aldeídico, gorduroso, verde, herbáceo, de levedura do vinho, de ozono.	N/D
Hexadecanal (Palmitaldeído)	000629-80-1	N/D	N/D	De papelão.	N/D
Hexadecano	000544-76-3	0,5	N/D	N/D	N/D
Hexanal (Aldeído caprílico)	000066-25-1	0,0014	verde	Fresco, verde, gorduroso, aldeídico, de relva cortada, folhoso, frutado, adocicado.	Verde, amadeirado, vegetativo, de maçã, de relva cortada, cítrico e laranja com retrogosto fresco e persistente.
Tribromometano (Bromofórmio)	000075-25-2	0,005	N/D	N/D	N/D

COMPOSTOS QUÍMICOS	CAS	OTV ¹⁵⁵	TIPO DE AROMA ¹⁵⁶	PERFIL DE AROMA	PERFIL DE SABOR
Nonadecano	000629-92-5	N/D	brando	Brando.	N/D
Nonanal	000124-19-6	0,0031	aldeídico	Ceroso, aldeídico, de rosas, fresco, de lírio florentino, casca de laranja, gorduroso.	Efervescente, aldeídico, cítrico, de casca de pepino e melão, com nuances de batata crua, oleaginosas e coco.
Octanal (Aldeído caprílico)	000124-13-0	0,00088	aldeídico	Aldeídico, ceroso, cítrico, de casca de laranja, verde, gorduroso.	Aldeídico, verde, com uma nota de casca de citrinos e laranja.
Pentadecanal	002765-11-9	1	N/D	Ceroso, fresco.	N/D
Pentadecano	000629-62-9	13000	ceroso	Ceroso.	N/D
1-Iodopentano	000628-17-1	1	N/D	N/D	N/D
2-Iodopentano	000637-97-8	N/D	N/D	N/D	N/D
Tetradecanal	000124-25-4	0,11	ceroso	Gorduroso, ceroso, de âmbar, incenso, seco, cítrico, almiscarado.	Gorduroso, lactónico, de coco, amadeirado e de peixe com uma nuance frutada.
<i>trans</i> -2-(2-Pentenil)furano	070424-14-5	N/D	N/D	N/D	N/D

PLANILHAS DE RESULTADOS DA GC-MS

Tabela 8.16 GC-MS: Alface-do-Mar (*Ulva rigida*) Seca

Pico	R.T.	Altura	Área	Compostos ¹⁵⁷	CAS	KI	% Max.	% Rel.	% Total	OTV	OAV _{ref}	ROAV
1	1,87	1.423.233	35.517.853	Sulfureto de dimetilo ^[b]	000075-18-3	512 iu	31,10%	17,724%	12,382%	0,00100	123,8167	100,00
2	6,67	63.279	1.630.440	Hexanal (Aldeído caprónico) ^[b, d]	000066-25-1	801 iu	1,43%	0,814%	0,568%	0,00140	4,05984	3,28
3	10,30	114.977	3.596.522	Heptanal ^[b, d]	000111-71-7	902 iu	3,15%	1,795%	1,254%	0,26000	0,04822	0,04
4	12,36	65.378	1.738.991	Benzaldeído (Óleo de amêndoas artificial) ^[b, c, d]	000100-52-7	961 iu	1,52%	0,868%	0,606%	0,08500	0,07132	0,06
5	13,87	134.052	3.069.158	Octanal (Aldeído caprílico) ^[b, d]	000124-13-0	1002 iu	2,69%	1,532%	1,070%	0,00088	12,15819	9,82
6	14,12	48.499	1.211.984	(E,E)-2,4-Heptadienal ^[b, d]	004313-03-5	1013 iu	1,06%	0,605%	0,423%	0,01540	0,27435	0,22
7	14,90	22.127	518.282	2,2,6-Trimetilciclohexanona ^[c, d]	002408-37-9	1043 iu	0,45%	0,259%	0,181%	0,10000	0,01807	0,01
8	17,21	1.071.541	24.257.869	Nonanal ^[a, b, d]	000124-19-6	1103 iu	21,24%	12,105%	8,456%	0,00310	27,27868	22,03
9	20,29	36.467	854.531	Decanal (Aldeído caprílico) ^[a, b]	000112-31-2	1204 iu	0,75%	0,426%	0,298%	0,00260	1,14574	0,93
10	20,66	135.274	3.519.717	β-Ciclocitral ^[c, d]	000432-25-7	1220 iu	3,08%	1,756%	1,227%	0,00500	2,45398	1,98
11	27,57	88.363	1.714.792	β-Ionona ^[b, c, d]	014901-07-6	1492 iu	1,50%	0,856%	0,598%	0,00012	49,81529	40,23
12	27,99	438.220	7.361.458	Pentadecano ^[c, d]	000629-62-9	1500 iu	6,45%	3,673%	2,566%	13000	0,00000	0,00
13	30,16 30,20	8.563.349	114.187.220	8-Heptadeceno ^[d]	002579-04-6	1680 iu	100,00%	56,980%	39,806%	N/D	N/D	0,00
14	30,33	106.614	1.220.209	Nonadecano ^[d]	000629-78-7	1700 iu	1,07%	0,609%	0,425%	N/D	N/D	0,00

¹⁵⁷ Referências bibliográficas: [a] = (Roussis *et al.*, 2000); [b] = (Sugisawa, Nakamura and Tamura, 1990); [c] = (Yamamoto *et al.*, 2014); [d] = (López-Pérez, Picon and Nuñez, 2016); [N/D] = Não Disponível.

Tabela 8.17 GC-MS: Alface-do-Mar (*Ulva rigida*) Fresca

Pico	R.T.	Altura	Área	Compostos ¹⁵⁸	CAS	KI	% Max.	% Rel.	% Total	OTV	OAV _{ref}	ROAV
1	1,86	690.035	41.635.731	Sulfureto de dimetilo ^[b]	000075-18-3	512 iu	91,02%	12,088%	7,525%	0,00100	75,25357	10,92
2	3,69	129.537	6.216.923	2-Etilfurano ^[b, d]	003208-16-0	705 iu	13,59%	1,805%	1,124%	8,00000	0,00140	0,00
3	6,65	46.338	2.139.030	Hexanal (Aldeído capróico) ^[b, d]	000066-25-1	801 iu	4,68%	0,621%	0,387%	0,00140	2,76153	0,40
4	8,51	52.218	1.900.257	(E)-2-Hexenal (Aldeído de folha) ^[b, d]	006728-26-3	850 iu	4,15%	0,552%	0,343%	0,00310	1,10793	0,16
5	10,19	52.828	1.567.806	(Z)-4-Heptenal ^[d]	006728-31-0	900 iu	3,43%	0,455%	0,283%	0,00006	47,22826	6,85
6	10,29	110.036	2.922.587	Heptanal ^[b, d]	000111-71-7	902 iu	6,39%	0,849%	0,528%	0,26000	0,02032	0,00
7	13,07	89.001	2.214.407	1-Octen-3-ol (Álcool matsutake) ^[b, d]	003391-86-4	979 iu	4,84%	0,643%	0,400%	0,00270	1,48236	0,22
8	13,61 14,13	1.620.463	43.306.612	(E,E)-2,4-Heptadienal ^[b, d]	004313-03-5	1013 iu	94,67%	12,573%	7,827%	0,01540	5,08270	0,74
9	13,68	28.526	802.907	trans-2-(2-Pentenil)furano ^[d]	070424-14-5	N/D	1,76%	0,233%	0,145%	N/D	N/D	0,00
10	14,89	120.193	2.951.966	2,2,6-Trimetilciclohexanona ^[c, d]	002408-37-9	1043 iu	6,45%	0,857%	0,534%	0,10000	0,05335	0,01
11	16,05 16,80	984.932	27.725.839	(E,E)-3,5-Octadien-2-ona ^[c, d]	030086-02-3	N/D	60,61%	8,050%	5,011%	0,15000	0,33408	0,05
12	17,20	68.647	1.739.199	Nonanal ^[a, b, d]	000124-19-6	1103 iu	3,80%	0,505%	0,314%	0,00310	1,01402	0,15
13	18,67	241.323	5.608.760	(E,Z)-2,6-Nonadienal (Aldeído de pepino) ^[b, d]	000557-48-2	1154 iu	12,26%	1,628%	1,014%	0,00020	50,68714	7,36
14	18,89	60.457	1.726.490	(E)-2-Nonenal ^[b]	018829-56-6	1160 iu	3,77%	0,501%	0,312%	0,00009	34,67229	5,03
15	18,97	82.893	2.023.762	3-Etilbenzaldeído ^[d]	034246-54-3	N/D	4,42%	0,588%	0,366%	N/D	N/D	0,00
16	20,29	39.181	999.072	Decanal (Aldeído caprílico) ^[a, b]	000112-31-2	1204 iu	2,18%	0,290%	0,181%	0,00260	0,69452	0,10
17	20,67	1.231.320	31.974.042	β -Ciclocitral ^[c, d]	000432-25-7	1220 iu	69,90%	9,283%	5,779%	0,00500	11,55815	1,68
18	21,72	280.508	7.174.094	β -Homociclocitral ^[N/D]	000472-66-2	1269 iu	15,68%	2,083%	1,297%	N/D	N/D	0,00
19	22,44	785.846	21.297.003	1- Butenilideno-ciclohexano ^[a]	036144-40-8	N/D	46,56%	6,183%	3,849%	N/D	N/D	0,00
20	22,81 23,48	1.162.970	32.340.263	2,4-Decadienal ^[b]	002363-88-4	1319 iu	70,70%	9,389%	5,845%	0,00030	194,8423	28,28
21	26,21	448.192	10.643.354	α -Ionona ^[b, c, d]	000127-41-3	1427 iu	23,27%	3,090%	1,924%	0,00800	2,40464	0,35
22	27,59	2.175.191	45.744.909	β -Ionona ^[b, c, d]	014901-07-6	1492 iu	100,00%	13,281%	8,268%	0,00012	689,0051	100,00
23	27,65	709.254	14.326.273	β -Ionona epóxido ^[c]	023267-57-4	1610 iu	31,32%	4,159%	2,589%	0,10000	0,25894	0,04
24	30,15	2.810.061	33.419.394	8-Heptadeceno ^[d]	002579-04-6	1680 iu	73,06%	9,703%	6,040%	N/D	N/D	0,00
25	30,33	170.420	2.034.931	Nonadecano ^[d]	000629-92-5	1900 iu	4,45%	0,591%	0,368%	N/D	N/D	0,00

¹⁵⁸ Referências bibliográficas: [a] = (Roussis *et al.*, 2000); [b] = (Sugisawa, Nakamura and Tamura, 1990); [c] = (Yamamoto *et al.*, 2014); [d] = (López-Pérez, Picon and Nuñez, 2016); [N/D] = Não Disponível.

Tabela 8.18 GC-MS: Chorão-do-Mar (*Codium tomentosum*)

Pico	R.T.	Altura	Área	Compostos ¹⁵⁹	CAS	KI	% Max.	% Rel.	% Total	OTV	OAV _{ref}	ROAV
1	1,84	110.431	1.521.150	Sulfureto de dimetilo ^[N/D]	000075-18-3	512 iu	1,31%	0,740%	0,517%	0,00100	5,17186	7,35
2	12,42	62.510	2.417.279	Benzaldeído (Óleo de amêndoas artificial) ^[N/D]	000100-52-7	961 iu	2,08%	1,176%	0,822%	0,08500	0,09669	0,14
3	13,12	227.155	5.502.345	1-Octen-3-ol (Álcool matsutake) ^[N/D]	003391-86-4	979 iu	4,74%	2,676%	1,871%	0,00270	6,92882	9,85
4	15,25	30.265	1.132.742	Fenilacetaldeído ^[N/D]	000122-78-1	1045 iu	0,98%	0,551%	0,385%	0,03000	0,12838	0,18
5	15,72	64.378	2.117.167	(E)-2-Octenal ^[e]	002548-87-0	1058 iu	1,82%	1,030%	0,720%	0,00270	2,66604	3,79
6	16,04	45.385	1.361.547	(Z)-2-Octen-1-ol ^[N/D]	026001-58-1	N/D	1,17%	0,662%	0,463%	N/D	N/D	0,00
7	18,94	59.657	1.862.037	(E)-2-Nonenal ^[e]	018829-56-6	1160 iu	1,60%	0,906%	0,633%	0,00009	70,34299	100,00
8	20,69	102.842	2.934.761	β-Ciclocitral ^[e]	000432-25-7	1220 iu	2,53%	1,427%	0,998%	0,00500	1,99562	2,84
9	26,24	267.456	6.989.872	α-Ionona ^[e]	000127-41-3	1427 iu	6,02%	3,400%	2,377%	0,00800	2,97067	4,22
10	27,60	75.426	1.684.033	β-Ionona ^[e]	014901-07-6	1492 iu	1,45%	0,819%	0,573%	0,00012	47,71384	67,83
11	27,99	521.051	9.031.702	Pentadecano ^[N/D]	000629-62-9	1500 iu	7,78%	4,393%	3,071%	13000,00	0,00000	0,00
12	29,36	108.301	1.424.578	Hexadecano ^[N/D]	000544-76-3	1600 iu	1,23%	0,693%	0,484%	0,50000	0,00969	0,01
13	30,16	3.495.144	49.157.224	8-Heptadeceno ^[N/D]	002579-04-6	1680 iu	42,36%	23,909%	16,713%	N/D	N/D	0,00
14	30,36	6.994.208	116.047.605	Heptadecano ^[N/D]	000629-78-7	1700 iu	100,00%	56,442%	39,456%	N/D	N/D	0,00
15	31,61	131.572	1.842.904	9-Nonadeceno ^[N/D]	031035-07-1	N/D	1,59%	0,896%	0,627%	N/D	N/D	0,00
16	31,76	38.424	577.431	Nonadecano ^[N/D]	000629-92-5	1900 iu	0,50%	0,281%	0,196%	N/D	N/D	0,00

¹⁵⁹ Referências bibliográficas: [e] = (Valentão *et al.*, 2010); [N/D] = Não Disponível.

Tabela 8.19 GC-MS: "Wakame" (*Undaria pinnatifida*)

Pico	R.T.	Altura	Área	Compostos ¹⁶⁰	CAS	KI	% Max	% Rel.	% Total	OTV	OAV _{ref}	ROAV
1	6,23	46.930	1.845.119	5-Hexenal ^[h]	000764-59-0	N/D	5,28%	0,771%	0,447%	0,01200	0,37266	0,09
2	6,66	1.016.749	34.912.782	Hexanal (Aldeído caprónico) ^[f, g, h]	000066-25-1	801 iu	100,00%	14,593%	8,462%	0,00140	60,44074	15,12
3	8,54	320.461	11.315.513	(E)-2-Hexenal (Aldeído de folha) ^[f, g]	000505-57-7	856 iu	32,41%	4,730%	2,743%	0,00310	8,84679	2,21
4	10,31	56.960	1.732.810	Heptanal ^[f, g]	000111-71-7	902 iu	4,96%	0,724%	0,420%	0,26000	0,01615	0,00
5	10,99	72.961	2.043.710	2-Iodopentano ^[f]	000628-17-1	N/D	5,85%	0,854%	0,495%	1,00000	0,00495	0,00
6	12,29	30.127	1.044.925	(Z)-2-Heptenal ^[f, g]	057266-86-1	955 iu	2,99%	0,437%	0,253%	0,05600	0,04522	0,01
7	12,98	68.721	1.742.786	1-Octen-3-ona ^[f]	004312-99-6	978	4,99%	0,728%	0,422%	0,00003	140,7979	35,23
8	13,14	818.097	22.482.026	1-Octen-3-ol (Álcool matsutake) ^[f, h]	003391-86-4	979 iu	64,39%	9,397%	5,449%	0,00270	20,18111	5,05
9	13,41	292.316	7.132.694	2-Pentilfurano ^[f]	003777-69-3	992 iu	20,43%	2,981%	1,729%	0,00580	2,98057	0,75
10	13,70	142.454	4.242.381	<i>trans</i> -2-(2-Pentenil)furano ^[f]	070424-14-5	N/D	12,15%	1,773%	1,028%	N/D	N/D	0,00
11	14,17	114.241	4.102.494	(E,E)-2,4-Heptadienal ^[f, h]	004313-03-5	1013 iu	11,75%	1,715%	0,994%	0,01540	0,64566	0,16
12	14,91	55.128	1.505.973	2,2,6-Trimetilciclohexanona ^[g]	002408-37-9	1043 iu	4,31%	0,629%	0,365%	0,10000	0,03650	0,01
13	15,73	314.659	8.103.563	(E)-2-Octenal ^[f, g]	002548-87-0	1058	23,21%	3,387%	1,964%	0,00270	7,27421	1,82
14	16,05	644.474	17.693.902	(Z)-2-Octen-1-ol ^[f]	026001-58-1	N/D	50,68%	7,396%	4,288%	N/D	N/D	0,00
15	17,22	158.511	4.083.685	Nonanal ^[f, g, h]	000124-19-6	1103 iu	11,70%	1,707%	0,990%	0,00310	3,19274	0,80
16	18,72	486.827	12.925.845	(E,Z)-2,6-Nonadienal (Aldeído de pepino) ^[g]	000557-48-2	1154 iu	37,02%	5,403%	3,133%	0,00020	156,6399	39,19
17	18,94	567.943	14.840.494	(E)-2-Nonenal ^[g]	018829-56-6	1160 iu	42,51%	6,203%	3,597%	0,00009	399,6494	100,00
18	19,96	115.043	2.900.075	<i>cis</i> -4-Decenal ^[g]	021662-09-9	1196 iu	8,31%	1,212%	0,703%	0,00310	2,26736	0,57
19	20,70	363.155	10.435.633	β-Ciclocitral ^[f, g]	000432-25-7	1220 iu	29,89%	4,362%	2,529%	0,00500	5,05850	1,27
20	21,74	89.190	2.505.035	β-Homociclocitral ^[N/D]	000472-66-2	1269 iu	7,18%	1,047%	0,607%	N/D	N/D	0,00
21	22,86 23,53	1.031.174	30.403.601	2,4-Decadienal ^[g]	002363-88-4	1319 iu	87,08%	12,708%	7,369%	0,00030	245,6276	61,46
22	27,60	406.122	8.411.906	β-Ionona ^[f, g]	014901-07-6	1492 iu	24,09%	3,516%	2,039%	0,00012	169,8973	42,51
23	28,00	1.693.497	30.305.610	Pentadecano ^[f, g]	000629-62-9	1500 iu	86,80%	12,667%	7,345%	13000,00	0,00001	0,00
24	28,19	121.652	2.532.400	Tetradecanal ^[N/D]	000124-25-4	1613 iu	7,25%	1,058%	0,614%	0,11000	0,05580	0,01

¹⁶⁰ Referências bibliográficas: [f] = (Balbas *et al.*, 2015); [g] = (Ferraces-Casais *et al.*, 2013); [h] = (López-Pérez, Picon and Nuñez, 2016); [N/D] = Não Disponível.

Tabela 8.20 GC-MS: Limo-Corriola (*Saccorhiza polyschides*)

Pico	R.T.	Altura	Área	Compostos	CAS	KI	% Max.	% Rel.	% Total	OTV	OAV _{ref}	ROAV
1	3,69	45.706	901.546	2-Etilfurano	003208-16-0	705 iu	7,75%	1,305%	0,670%	8,00000	0,00084	0,00
2	8,58	9.412	278.707	(E)-2-Hexenal (Aldeído de folha)	006728-26-3	850 iu	2,40%	0,403%	0,207%	0,00310	0,66842	0,13
3	9,46 9,53	215.871	5.227.001	1,3- <i>trans</i> ,5- <i>cis</i> -octatrieno	040087-61-4	N/D	44,95%	7,564%	3,886%	N/D	N/D	0,00
4	11,00	85.226	2.139.896	1-Iodopentano	000628-17-1	N/D	18,40%	3,097%	1,591%	1,00000	0,01591	0,00
5	13,13	470.660	11.627.982	1-Octen-3-ol (Álcool matsutake)	003391-86-4	979 iu	100,00%	16,826%	8,645%	0,00270	32,01875	6,29
6	13,41	115.848	2.972.459	2-Pentilfurano	003777-69-3	992 iu	25,56%	4,301%	2,210%	0,00580	3,81023	0,75
7	13,71	80.082	2.164.449	<i>trans</i> -2-(2-Pentenil)furano	070424-14-5	N/D	18,61%	3,132%	1,609%	N/D	N/D	0,00
8	14,21	10.852	415.860	(E,E)-2,4-Heptadienal	004313-03-5	1013 iu	3,58%	0,602%	0,309%	0,01540	0,20077	0,04
9	15,73	43.705	1.239.538	(E)-2-Octenal	002548-87-0	1058 iu	10,66%	1,794%	0,922%	0,00270	3,41319	0,67
10	16,03	361.047	9.624.699	(Z)-2-Octen-1-ol	026001-58-1	N/D	82,77%	13,928%	7,156%	N/D	N/D	0,00
11	18,71	283.482	7.892.659	(E,Z)-2,6-Nonadienal (Aldeído de pepino)	000557-48-2	1154 iu	67,88%	11,421%	5,868%	0,00020	293,3980	57,61
12	18,93	186.643	6.165.338	(E)-2-Nonenal	018829-56-6	1160 iu	53,02%	8,922%	4,584%	0,00009	509,3053	100,00
13	20,69	83.210	2.350.767	β -Ciclocitral	000432-25-7	1220 iu	20,22%	3,402%	1,748%	0,00500	3,49545	0,69
14	21,74	20.754	570.299	β -Homociclocitral	000472-66-2	1269 iu	4,90%	0,825%	0,424%	N/D	N/D	0,00
15	22,87 23,54	57.822	2.805.601	2,4-Decadienal	002363-88-4	1319 iu	24,13%	4,060%	2,086%	0,00030	69,52940	13,65
16	27,60	208.776	4.434.711	β -Ionona	014901-07-6	1492 iu	38,14%	6,417%	3,297%	0,00012	274,7564	53,95
17	27,99	493.211	8.293.710	Pentadecano	000629-62-9	1500 iu	71,33%	12,002%	6,166%	13000,00	0,00000	0,00

Tabela 8.21 GC-MS: Cabelo-de-Velha (*Gracilaria gracilis*)

Pico	R.T.	Altura	Área	Compostos	CAS	KI	% Max.	% Rel.	% Total	OTV	OAV _{ref}	ROAV
1	7,62	5.353.068	231.023.737	1,3-Octadieno	001002-33-1	827 iu	100,00%	53,471%	45,030%	5,60000	0,08041	0,04
2	12,30	27.143	1.032.111	(Z)-2-Heptenal	057266-86-1	955 iu	0,45%	0,239%	0,201%	0,05600	0,03592	0,02
3	12,99	36.664	1.048.732	1-Octen-3-ona	004312-99-6	978 iu	0,45%	0,243%	0,204%	0,00003	68,13735	32,13
4	13,16	1.243.932	39.642.592	1-Octen-3-ol (Álcool matsutake)	003391-86-4	979 iu	17,16%	9,175%	7,727%	0,00270	28,61807	13,50
5	15,73	157.779	4.554.507	(E)-2-Octenal	002548-87-0	1058 iu	1,97%	1,054%	0,888%	0,00270	3,28791	1,55
6	16,05	829.480	27.236.030	(E)-2-Octen-1-ol	018409-17-1	1066 iu	11,79%	6,304%	5,309%	0,02000	2,65434	1,25
7	17,45	12.006	472.978	(E,E)-2,4-Octadienal	030361-28-5	1112 iu	0,20%	0,109%	0,092%	0,01000	0,09219	0,04
8	18,93	181.635	5.396.182	(E)-2-Nonenal	018829-56-6	1160 iu	2,34%	1,249%	1,052%	0,00009	116,8654	55,12
9	19,96	31.685	882.179	cis-4-Decenal	021662-09-9	1196 iu	0,38%	0,204%	0,172%	0,00310	0,55467	0,26
10	20,69	98.554	2.898.325	β-Ciclocitral	000432-25-7	1220 iu	1,25%	0,671%	0,565%	0,00500	1,12985	0,53
11	21,74	22.981	670.383	β-Homociclocitral	000472-66-2	1269 iu	0,29%	0,155%	0,131%	N/D	N/D	0,00
12	22,86 23,52	431.996	14.590.024	2,4-Decadienal	002363-88-4	1319 iu	6,32%	3,377%	2,844%	0,00030	94,79310	44,71
13	27,60	617.315	13.054.126	β-Ionona	014901-07-6	1492 iu	5,65%	3,021%	2,544%	0,00012	212,0355	100,00
14	27,67	94.813	2.121.089	β-Ionona epóxido	023267-57-4	1610 iu	0,92%	0,491%	0,413%	0,10000	0,04134	0,02
15	30,14	111.434	1.525.513	8-Heptadeceno	002579-04-6	1680 iu	0,66%	0,353%	0,297%	N/D	N/D	0,00
16	30,35	5.723.668	85.909.527	Heptadecano	000629-78-7	1700 iu	37,19%	19,884%	16,745%	N/D	N/D	0,00

Tabela 8.22 GC-MS: Erva-Malagueta (*Osmundea pinnatifida*)

Pico	R.T.	Altura	Área	Compostos	CAS	KI	% Max.	% Rel.	% Total	OTV	OAV _{ref}	ROAV
1	9,52	62.753	1.788.200	1,3- <i>trans</i> ,5- <i>cis</i> -octatrieno	040087-61-4	N/D	0,50%	0,186%	0,113%	N/D	N/D	0,00
2	10,21	48.665	1.322.789	(Z)-4-Heptenal	006728-31-0	900 iu	0,37%	0,137%	0,083%	0,00006	13,88270	3,92
3	11,40	28.017	887.496	(E,E,E)-2,4,6-Octatrieno	015192-80-0	N/D	0,25%	0,092%	0,056%	N/D	N/D	0,00
4	12,27	95.328	2.725.670	(Z)-2-Heptenal	057266-86-1	955 iu	0,77%	0,283%	0,172%	0,05600	0,03065	0,01
5	12,99	615.604	15.587.240	1-Octen-3-ona	004312-99-6	978 iu	4,40%	1,618%	0,982%	0,00003	327,1769	92,49
6	13,14	884.090	24.959.103	1-Octen-3-ol (Álcool matsutake)	003391-86-4	979 iu	7,04%	2,590%	1,572%	0,00270	5,82103	1,65
7	13,41	447.306	10.955.977	2-Pentilfurano	003777-69-3	992 iu	3,09%	1,137%	0,690%	0,00580	1,18948	0,34
8	13,71	623.546	18.652.430	<i>trans</i> -2-(2-Pentenil)furano	070424-14-5	N/D	5,26%	1,936%	1,175%	N/D	N/D	0,00
9	14,19	812.734	23.942.323	(E,E)-2,4-Heptadienal	004313-03-5	1013 iu	6,75%	2,485%	1,508%	0,01540	0,97899	0,28
10	14,91	90.711	2.250.283	2,2,6-Trimetil-ciclohexanona	002408-37-9	1043 iu	0,63%	0,234%	0,142%	0,10000	0,01417	0,00
11	15,75	1.211.230	35.692.051	(E)-2-Octenal	002548-87-0	1058 iu	10,07%	3,704%	2,248%	0,00270	8,32420	2,35
12	16,04	441.413	12.529.172	(Z)-2-Octen-1-ol	026001-58-1	N/D	3,53%	1,300%	0,789%	N/D	N/D	0,00
13	16,86	199.701	5.645.206	(E,E)-3,5-Octadien-2-ona	030086-02-3	N/D	1,59%	0,586%	0,355%	0,15000	0,02370	0,01
14	17,41	79.527	2.417.501	(E,E)-2,4-Octadienal	030361-28-5	1112 iu	0,68%	0,251%	0,152%	0,01000	0,15223	0,04
15	18,75	1.426.445	41.762.044	(E,Z)-2,6-Nonadienal (Aldeído de pepino)	000557-48-2	1154 iu	11,78%	4,334%	2,630%	0,00020	131,4881	37,17
16	18,98	1.617.879	49.108.596	(E)-2-Nonenal	018829-56-6	1160 iu	13,85%	5,096%	3,092%	0,00009	343,5972	97,13
17	19,97	427.924	11.415.782	<i>cis</i> -4-Decenal	021662-09-9	1196 iu	3,22%	1,185%	0,719%	0,00310	2,31888	0,66
18	20,62	409.968	10.386.568	(E,E)-2,4-Nonadienal	005910-87-2	1214 iu	2,93%	1,078%	0,654%	0,00020	32,70218	9,24
19	20,71	922.269	24.657.959	β -Ciclocitral	000432-25-7	1220 iu	6,96%	2,559%	1,553%	0,00500	3,10543	0,88
20	21,74	177.323	5.557.283	β -Homociclocitral	000472-66-2	1269 iu	1,57%	0,577%	0,350%	N/D	N/D	0,00
21	21,95	932.184	25.108.610	(Z)-2-Decenal	002497-25-8	1250 iu	7,08%	2,606%	1,581%	0,00220	7,18678	2,03
22	22,91 23,59	4.162.761	168.525.824	2,4-Decadienal	002363-88-4	1319 iu	47,55%	17,488%	10,612%	0,00030	353,7365	100,00
23	24,75	626.983	24.586.217	2-Undecenal	053448-07-0	1362 iu	6,94%	2,551%	1,548%	0,00078	19,84868	5,61
24	27,62	1.582.734	34.438.585	β -Ionona	014901-07-6	1492 iu	9,72%	3,574%	2,169%	0,00012	180,7169	51,09
25	27,67	136.904	2.798.217	β -Ionona epóxido	023267-57-4	1610 iu	0,79%	0,290%	0,176%	0,10000	0,01762	0,00
26	27,85	317.413	6.187.853	1-Pentadeceno	013360-61-7	1490 iu	1,75%	0,642%	0,390%	3,60000	0,00108	0,00
27	28,00	1.184.553	20.846.688	Pentadecano	000629-62-9	1500 iu	5,88%	2,163%	1,313%	13000	0,00000	0,00
28	29,15	187.448	3.576.384	(E,Z,Z)-2,4,7-Tridecatrienal	013552-96-0	N/D	1,01%	0,371%	0,225%	0,00007	32,17220	9,09
29	29,36	227.494	3.924.142	Hexadecano	000544-76-3	1600 iu	1,11%	0,407%	0,247%	0,50000	0,00494	0,00
30	30,15	797.364	11.589.360	8-Heptadeceno	002579-04-6	1680 iu	3,27%	1,203%	0,730%	N/D	N/D	0,00
31	30,22	109.092	1.931.289	1,15-Pentadecanodiol	014722-40-8	N/D	0,54%	0,200%	0,122%	N/D	N/D	0,00
32	30,39	10.256.218	354.447.016	Heptadecano	000629-78-7	1700 iu	100,00%	36,781%	22,320%	N/D	N/D	0,00
33	30,48	184.164	2.727.267	Pentadecanal	002765-11-9	1710 iu	0,77%	0,283%	0,172%	1,00000	0,00172	0,00
34	31,25	42.563	724.987	Hexadecanal (Palmitaldeído)	000629-80-1	1809 iu	0,20%	0,075%	0,046%	N/D	N/D	0,00

Tabela 8.23 GC-MS: Musgos (*Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus*)

Pico	R.T.	Altura	Área	Compostos	CAS	KI	% Max.	% Rel.	% Total	OTV	OAV _{ref}	ROAV
1	6,68	909.287	21.943.856	Hexanal (Aldeído caprónico)	000066-25-1	801 iu	71,87%	16,502%	8,251%	0,00140	58,93800	30,37
2	8,55	44.118	1.411.538	(E)-2-Hexenal (Aldeído de folha)	006728-26-3	850 iu	4,62%	1,062%	0,531%	0,00310	1,71215	0,88
3	9,86	53.854	1.649.913	Tribromometano (Bromofórmio)	000075-25-2	N/D	5,40%	1,241%	0,620%	0,00500	1,24080	0,64
4	12,42	49.377	1.651.748	Benzaldeído (Óleo de amêndoas artificial)	000100-52-7	961 iu	5,41%	1,242%	0,621%	0,08500	0,07307	0,04
5	13,13	563.944	14.542.391	1-Octen-3-ol (Álcool matsutake)	003391-86-4	979 iu	47,63%	10,936%	5,468%	0,00270	20,25268	10,43
6	13,41	203.743	5.083.990	2-Pentilfurano	003777-69-3	992 iu	16,65%	3,823%	1,912%	0,00580	3,29600	1,70
7	14,18	46.522	1.719.965	(E,E)-2,4-Heptadienal	004313-03-5	1013 iu	5,63%	1,293%	0,647%	0,01540	0,41996	0,22
8	15,72	211.724	5.665.483	(E)-2-Octenal	002548-87-0	1058 iu	18,56%	4,261%	2,130%	0,00270	7,89012	4,07
9	16,03	92.721	2.371.590	(Z)-2-Octen-1-ol	026001-58-1	N/D	7,77%	1,783%	0,892%	N/D	N/D	0,00
10	16,35	31.733	1.067.918	3,4,4-Trimetil-2-ciclohexen-1-ona	017299-41-1	N/D	3,50%	0,803%	0,402%	N/D	N/D	0,00
11	16,86	65.326	2.707.822	(E,E)-3,5-Octadien-2-ona	030086-02-3	N/D	8,87%	2,036%	1,018%	0,15000	0,06788	0,03
12	18,71	83.925	2.227.872	(E,Z)-2,6-Nonadienal (Aldeído de pepino)	000557-48-2	1154 iu	7,30%	1,675%	0,838%	0,00020	41,88618	21,58
13	18,93	163.079	4.645.560	(E)-2-Nonenal	018829-56-6	1160 iu	15,22%	3,494%	1,747%	0,00009	194,0913	100,00
14	19,96	89.824	2.231.611	cis-4-Decenal	021662-09-9	1196 iu	7,31%	1,678%	0,839%	0,00310	2,70687	1,39
15	20,69	187.960	5.359.416	β-Ciclocitral	000432-25-7	1220 iu	17,55%	4,030%	2,015%	0,00500	4,03049	2,08
16	21,74	39.304	1.135.279	β-Homociclocitral	000472-66-2	1269 iu	3,72%	0,854%	0,427%	N/D	N/D	0,00
17	22,86 23,52	334.050	11.005.928	2,4-Decadienal	002363-88-4	1319 iu	36,05%	8,277%	4,138%	0,00030	137,9482	71,07
18	26,24	341.013	8.884.494	α-Ionona	000127-41-3	1427 iu	29,10%	6,681%	3,341%	0,00800	4,17593	2,15
19	27,60	291.962	6.031.328	β-Ionona	014901-07-6	1492 iu	19,75%	4,536%	2,268%	0,00012	188,9915	97,37
20	27,67	46.038	1.105.842	β-Ionona epóxido	023267-57-4	1610 iu	3,62%	0,832%	0,416%	0,10000	0,04158	0,02
21	30,34	2.536.165	30.531.295	Heptadecano	000629-78-7	1700 iu	100,00%	22,960%	11,480%	N/D	N/D	0,00